日機連 17 環境安全－１

平成 17 年度
食品機械の安全設計対応に関する
調査研究報告書

-国際安全規格利用手引き　機械安全編-

平成 18 年　3 月

社団法人　日本機械工業連合会
社団法人　日本食品機械工業会

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

本書利用に関する注意事項

○本書は技術者の国際安全規格検索作業を支援するための手引きである。規格としての用途に、一切の記載事項は利用できない。
○本書により同定した規格要求事項の内容を設計・製造等に参照する際には、該当する規格を(財)日本規格協会より購入しなければならない。
○本書は、食品機械産業に関係すると考えられる規格について解説を行ったもので、食品機械産業以外は考慮していない。
○本文の記載は、規格要求事項を解説したものであり、実際の規格内容と表記が異なる。
○本書が記載する規格の解釈は一つの提案であり、規格作成に携わる技術委員会(Tc)より検証を受けていない。
○本書における解釈の採用は、利用者の責任において行わなければならない。
○本書が記載する解釈を採用したことによる全ての結果について、執筆・製作・発行者は直接又は間接を問わず一切の責任を負わない。
○本書が解説する事項は作成時のものである。本書の利用者は、規格は改正により、内容が常に変更されることを考慮しなければならない。

序

近年、技術の発展と社会との共存に対する課題がクローズアップされ、機械工業においても環境問題、安全問題が注目を浴びるようになってきております。環境問題では、平成１７年に京都議定書が発効し、排出権取引やＣＤＭなどの柔軟性措置に関連した新ビジネスの動きも本格化し、政府や産業界は温室効果ガスの削減目標の達成に向けた取り組みを強化しているところです。また、欧州化学物質規制をはじめとする環境規制も一部が発効し、その対応策が新たな課題となり、新たなビジネスチャンスとも考えられます。

他方、安全問題も、ＥＵにおけるＣＥマーキング制度の実施や、平成１３年には厚生労働省から「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達として出され、機械工業にとってきわめて重要な課題となっております。

海外では欧米諸国を中心に環境・安全に配慮した機械を求める気運の高まりから、それに伴う基準、法整備も進みつつあり、グローバルな事業展開を進めている我が国機械工業にとって、この動きに遅れることは死活問題であり早急な対処が求められております。

こうした内外の情勢に対応するため、当会では環境問題や機械標準化に係わる事業を発展させて、環境・社会との共存を重視する機械工業のあり方を追求するため、早期からこの課題に取組み調査研究を行って参りました。平成１７年度には、海外環境動向に関する情報の収集と分析、環境適合設計の標準化、それぞれの機械の環境・安全対策の策定など具体的課題を掲げて活動を進めてきました。

こうした背景に鑑み、当会では機械工業の環境・安全対策のテーマの一つとして社団法人日本食品機械工業会に「食品機械の安全設計対応に関する調査研究」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚です。

平成１８年３月

社団法人　日本機械工業連合会
会　長　　金　井　　務

はじめに

我々食品機械産業に深く関係する法律の一つに、事業者に対する危害防止基準を定めた「労働安全衛生法」があります。同法は、平成 17 年秋に改正され、第二十八条の二に規定する指針に、リスクアセスメントに基づくリスク低減措置等が盛り込まれました。改正労働安全衛生法は平成 18 年 4 月に施行される予定です。これにより、ユーザからリスクアセスメントの結果をまとめた書類の提出が今まで以上に求められるものと考えられます。

この指針が求めるリスクアセスメントは、ISO 12100(機械類の安全性－設計のための基本概念､一般原則)を頂点とする国際安全規格を必須事項として定める活動であり、今まで任意であった国際安全規格の要求が、法律の指針として一部採用されたものとなました。国際安全規格を法律に取り込む動きは、平成 13 年に厚生労働省が公表した「機械の包括的な安全基準に関する指針」から読み取ることができます。指針は、ISO 12100 を要約した内容となっていたためです。

社団法人日本食品機械工業会は、上記指針から今後、我が国において機械類の安全を求める動きが一層進むものと予測し、他の産業に先駆け、いち早く国際安全規格への対応に取り組んで参りました。主な取り組みとしては、ISO 12100 に整合化する 9 種類の“食品機械 JIS シリーズの改正”､リスクアセスメントの実施手順を示す“食品機械のリスクアセスメント実施マニュアルの作成”､残留リスクを製品情報として開示するための指針である“食品機械の取扱説明書作成ガイドラインの作成”等があります。これらはすでに業界内外へ広く公開し、多くの反響を頂いております。しかし、企業が国際安全規格に基づく設計を行うためには、上記の情報だけでは十分とはいえません。これらに加え、数十種類の関連規格を使いこなすため、技術者には、規格の使い方や必要な規格の調査、要求事項の理解等が必要になります。そして、このような作業に取り組むためには、関連規格全体の概要を把握することが不可欠です。

そこで今年度より、食品機械の設計者に必要な国際安全規格の概要や利用方法等を解説すると共に、容易に規格検索もできる「手引き書」作成に取り組むことといたしました。規格の数が多いため、本年度は“機械安全”に関する規格を中心に取りまとめました。当該事業は継続して実施し､“電気・制御安全”“衛生安全”の調査研究に今後取り組んでいく予定です。食品機械・装置の安全化に日頃から取り組まれている技術者の皆様にとり、本書が少しでもご参考となれば幸甚の至りでございます。

なお､本書は日本自転車振興会から(社)日本機械工業連合会を通じ､「環境安全」事業の一環として当工業会が業務受託した「食品機械の安全設計対応に関する調査研究事業」の成果であります。この事業にご指導・ご協力賜りました関係省庁、団体、学識経験者、及び当業界の関係各位に対し、ここに厚く御礼申し上げます。

平成１８年３月

社団法人　日本食品機械工業会
会長　尾　上　　昇

安全設計調査研究委員会

委員名簿

（敬称略　順不同）

	氏　名	所　属	役　職
副会長	西村　卓朗	㈱西村機械製作所	社　長
委員長	竹内　有朋	㈱東京製粉機製作所	社　長
主　査	田中　紘一	長岡技術科学大学	名誉教授
委　員	池田　博康	独立行政法人　産業安全研究所	主任研究官
委　員	今井　寛登	ドキュメントサービス・カナエ	代　表
委　員	中川　則和	㈱紀文食品	取締役
委　員	鷲巣　恵一	山崎製パン㈱	執行役員
委　員	鷹野　雅敏	シマダヤ㈱	次　長
委　員	小川　寧彦	㈱日清製粉グループ本社	ｸﾞﾙｰﾌﾟ長
委　員	林　孝司	関東混合機工業㈱	社　長
委　員	品川　士郎	㈱品川工業所	社　長
委　員	大竹　智彦	㈱大竹麺機	社　長
委　員	宮本　輝夫	㈱ヤナギヤ	取締役
委　員	金澤　若夫	㈱大川原製作所	専門部長
委　員	小野　憲次	㈱奈良機械製作所	室　長
委　員	北條　真俊	レオン自動機㈱	課　長
委　員	守屋　洋介	新日本機械工業㈱	課　長
委　員	古屋 慎一郎	㈱サ タ ケ	ｸﾞﾙｰﾌﾟ長
委　員	美馬　慎一	㈱なんつね	リーダ
委　員	渋谷　春雄	㈱東京製粉機製作所	部　長
事務局	鈴木　芳雄	(社)日本食品機械工業会	専務理事
事務局	大坂　耕一	(社)日本食品機械工業会	事務局長
事務局	大村　宏之	(社)日本食品機械工業会	課　長
事務局	裏地　祐子	(社)日本食品機械工業会	

目　次

序・・・III
はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・V
委員会委員名簿・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・VII
目　次・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・IX
用語の定義と略語・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・XIII

第 1 章　事業の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1.1　食品機械の安全・衛生設計基準・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
1.2　事業の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
1.3　本書の内容・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

第 2 章　特別寄稿－安全：ヨーロッパの考え方・日本の考え方・・・・・・・・ 13
2.1　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
2.2　EU における安全責任・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
2.3　日本における安全責任・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
2.4　箱ブランコ裁判・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23
2.5　三菱自動車のリコール隠し・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
2.6　BSE 騒動・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28
2.7　おわりに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31

第 3 章　規格に基づく食品機械の安全設計手順・・・・・・・・・・ 35
3.1　規格が求める安全設計、及び規格の役割・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
3.1.1　機械類の安全規格・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
3.1.2　機械類の安全規格が求める安全設計・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42
3.2　安全設計の手順・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46
3.2.1　国際安全規格が定める安全設計手法・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46
3.2.2　仕様の決定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
3.2.3　危険源の同定、リスクアセスメント・・・・・・・・・・・・・・・・・ 50
3.2.4　3 ステップ法によるリスク低減・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
3.2.5　規格に基づく安全設計手順と本書の記載事項・・・・・・・・・・・・ 55

第 4 章　機械的な危険源と危険状態・・・・・・・・・・・・・・・・ 57
4.1　危険源・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 59

4.1.1 危険源と危険状態・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 59
4.1.2 リスク変動による危険源の分類・・・・・・・・・・・・・・・・・ 61

4.2 危険源の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63
4.2.1 機械的な危険源・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63
4.2.2 食品機械のエミッションに関する主な危険源・・・・・・・・・・ 70
4.2.3 食品機械の人間工学的な主な危険源・・・・・・・・・・・・・・・ 70
4.2.4 食品機械の設置環境による主な危険源・・・・・・・・・・・・・・ 71

第 5 章 リスク低減方策利用の手引き【機械安全】・・・・・・・ 73
5.1 本質的安全設計－機械要素的方策・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 75
5.1.1 安全に配慮した幾何学的形状、保全性・・・・・・・・・・・・・・ 76
5.1.2 安全に配慮した物理的側面・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 79
5.1.3 ポジティブな機械的作用原理の適用・・・・・・・・・・・・・・・・ 80
5.1.4 安定性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85
5.1.5 感電保護・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 86
5.1.6 空液圧に対する保護・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 90
5.1.7 ハザードへの暴露機会の制限・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91
5.1.8 始動、起動、停止・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 92
5.1.9 設置環境を考慮した設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 96

5.2 本質的安全設計－人間工学的方策・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 99
5.2.1 作業者の精神的負荷に対する保護方策・・・・・・・・・・・・・・ 100
5.2.2 手による重量物の取扱い・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 102
5.2.3 手動制御器(アクチュエータ)の位置と動作に対する保護・・・・・・・・・・・・ 105
5.2.4 リスク低減のための視覚・聴覚によるシグナル・・・・・・・・・・・・ 111
5.2.5 上肢(手や腕)の危険区域到達防止のための安全距離・・・・・・・・・ 115
5.2.6 下肢(足や脚)の危険区域到達防止のための安全距離・・・・・・・・ 122
5.2.7 危険箇所の最小隙間・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 126
5.2.8 人間工学的設計のための人体寸法・・・・・・・・・・・・・・・・・ 128
5.2.9 身体の接近速度に基づく保護設備の位置決め・・・・・・・・・・・・ 139
5.2.10 接触可能な表面温度・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 146

5.3 安全防護・付加保護方策 －保護方策の選択－・・・・・・・・・・・・・ 149
5.3.1 付加保護方策の選択・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 150
5.3.2 検知保護設備の選択と実施・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 153

5.4 安全防護・付加保護方策 －保護ガード(カバー)－・・・・・・・・・ 155
5.4.1 ガードの設計と製造・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 156
5.4.2 固定式ガード・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 164
5.4.3 可動式ガード・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 166
5.4.4 調整式ガード・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 169

5.5 安全防護・付加保護方策－エミッションの低減－・・・・・・・・・・ 171
5.5.1 騒音対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 172
5.5.2 振動対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 176

5.6 安全防護・付加保護方策－その他の保護方策－・・・・・・・・・・ 179
5.6.1 非常停止装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 180
5.6.2 捕捉された作業者の脱出及び救助・・・・・・・・・・・・・・・・・ 182
5.6.3 遮断・エネルギの消散・エネルギの制限・・・・・・・・・・・・・・ 183
5.6.4 機械への安全な接近・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 186
5.6.5 燃焼安全・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 194

附属書 1. 食品機械の安全・衛生設計に関係する主な規格・・・・・・・ 201

附属書 2. 危険源に対応する保護方策要求事項・・・・・・・・・・・・・ 209

附属書 3. 危険源に対応する保護方策・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 213

引用・参考図書・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 241

用語の定義と略語

1．用語の定義

安全性(safety)：容認できない傷害のリスク(unacceptable risk)がないこと。

危害(harm)：身体的傷害又は健康障害。食品機械では、生産する食品を摂取した事による健康障害、資産、又は環境への物理的な障害や損害も含む。

危険源/危険(hazard)：危害を引き起こす潜在的根源

危険区域(danger zone):人が危険源に暴露されるような機械類の内部や機械周辺の空間。

リスク(risk)：危害の発生確率と危害のひどさの組み合わせ。ハザードが原因となって被る可能性のある損傷または損害。

受忍限度内(許容可能)リスク(tolerable risk):ある一定の利益を有していて、リスクが適切にコントロールされているという信頼の下に、社会がその現状を受け入れるレベルのリスク。ISO/IEC ガイド 51 の邦訳版では tolerable risk を「許容可能なリスク」と訳している。

受入れ可能なリスク(acceptable risk)：社会的に広く受入が可能なリスク。一般的にハザードの発生確率が 100 万分の一であれば､その危険を意識していても不可抗力と見なされており､このレベルを指す場合が多い。

残留リスク(residual risk)：保護対策を講じた後に、なおも残るリスク。

機械のライフサイクル(lifecycle of machine)：設計、開発、試験、評価、生産、運搬、設置・調整、使用、そして解体廃棄まで含めた、機械・システムの全ての段階。

機械の信頼性(assembly of machine)：機械もしくはその構成品や設備が、特定の条件の下である定められた期間に渡って故障せずに所要の機能を果たす能力。

リスクアセスメント(risk assessment)：リスク分析及びリスク評価を含めた全てのプロセス。

リスク分析(risk analysis)：機械の制限の決定、ハザードの特定からリスクを推定するまで。

リスク評価(risk evaluation)：リスク分析に基づき、許容可能なリスクが達成されたかどうかを判断する。

危険源の同定〔hazard identification〕：機械装置、プロセス、作業工程に潜在する危険源をチェックリスト等を用いて、探し出す作業。

保護方策(protective measures)：リスクの低減を達成するために意図される適切な方策。

本質的安全設計方策(inherently safe design measure)：ガード等の安全装置を使用せずに機械の設計、又は運転特性を変更することにより、危険源を除去するか又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策。

付加保護方策(complementary protective measures)：ガードや保護装置を用いてリスク低減をはかる保護方策。

作業者(worker/operator)：機械装置の運搬、据付、運転、調整、保全、洗浄を業務として行う者。

フェールセーフ(fail-safe)：動力や安全関連構成部分に故障が生じたとき、圧倒的に安全な方向へ故障するような設計特性。

フールプルーフ(fool-proof)：人的ミス、あるいはシステムの誤作動があっても、機能提供が安全に行われる構造。

危険側故障(failure to danger)：リスクを増加させるような、機械類又はその動力供給における機能不良。

故障(failure)：要求される機能を遂行する能力がアイテムになくなること。

機械の始動(initiation)：作業者が誤って押すことが許される。安全確保の責任は通常求められない。例：指導ボタン。

機械の起動(start-up)：安全確保の条件に基づいて開始される機械の運転で、運転開始には安全確認の責任を伴う。

予期しない起動(unexpected start-up, unintended start-up):その起動が予期できない性質であるため、危険源となる起動。

強制開離機構(forced opening mechanism)：電気接点に溶着故障が生じているとき、この接点間の溶着を引き剥がさない限り人は危険区域に入れないような機械的構造(例:人体が侵入するために溶着接点を引き離した時、危険源となる可動部を必ず停止させる。又は起動に必要な安全条件信号を絶対に発信させない)。

ポジティブな機械的結合(positive mechanical coupling):機械的構成部品が直接接触して、または合成要素を介して他の機械的構成部分に作用するような結合。

ロックアウト(lockout)：非制御のエネルギ遮断装置が遮断状態の位置に施錠されている状態を意味する。遮断装置の施錠が解錠されるまで操作してはならないことを示す。

アクチュエータ(actuator)：制御器の外部からの作動力が働く部分。例：ハンドル、ノブ、押しボタン、等の主導制御機器類がある。

アクチュエータの適用範囲は広いため、機械安全規格では流体の持つエネルギを与えられて機械的な仕事をするモータ、シリンダ、レバー・バルブの動作装置等は“**機械アクチュエータ**”と呼ぶ。

安全確認型システム(Safety conformation system)：安全を直接抽出して、その情報を通報するシステム。

危険検出型システム(Hazard detect system)：危険を検出して、その否定により安全情報を通報するシステム。

非対称故障モード(非対称誤り、 フェールセーフ)〔oriented failure mode〕:2 値信号 {1,0} が 1(危険)に誤らない時を非対称誤り信号といい､1 側の誤りを生じない装置の特性は非対称誤り特性と呼ぶ。この特性を持つ機能を非対称誤り機能という。

ダイバーシティ(diversity)：異種の物理的手段または技法を用いた冗長(多様、多重)構成技術。

フォールト・トレランス(Fault tolerance):障害発生時において要求機能を実行し続けるため

の機能ユニットの能力。故障しても安全機能は失わない。安全関連機能に異常があっても安全に関する目的を遂行する技術(例：冗長化)。

フォールトレジスタンス(Fault resistance):障害発生時において安全機能を実行し続けるための機能ユニットの能力。安全関連機能に異常があった場合、目的機能の遂行をやめてしまう技術（例：非対称故障モード)。

2．国際安全規格に出てくる主な略語

ISO　：The International Organization for Standardization (国際標準化機構)
IEC　：International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議)
JIS　：Japanese Industrial Standard (日本工業規格)
CEN　：Comité Européen de Normalisation/European Committee for Standardization (欧州標準化委員会)
CENELEC：Comité Européen de Normalisation Electrotechnique/European Committee for Electrotechnical standardization(欧州電気標準化委員会)
EN　：Europäische Norm/European Standard (欧州規格)
prEN　：Proposal Europäische Norm/European Standard (欧州規格原案)
ENV　：Europaische vor Norm/European pre-Standard (欧州予備規格)
BS　：British Standard (イギリス規格)
DIN　：Deutsches Institut für Normung (ドイツ規格協会)
ANSI　：American National Standard (米国規格協会)
UL　：Underwriters Laboratories Inc.〔(米国火災保険業者安全試験所)米国の火災保険会社の協会により設立された世界で最も古く権威ある安全試験機関が定めた規格〕
FM　：Factory Mutual Research Corporation〔(米国産業相互保険機構)8 つの火災保険会社から構成されている民間の非営利目的の機関が定めた規格〕
IRI　：Industrial Risk Insures〔(米国工業リスク保険協会)火災、爆発、暴風というような災害による損害を保障する複数の保険会社で構成される機関が定めた規格〕
DIS　：Draft International Standard (国際規格案)
FDIS　：Final Draft International Standard (国際規格最終原案)
TR　：Technical Report (技術報告書)
TC　：Technical Committee 〔(規格作成を行う)専門委員会〕
ALARP　：As Low As Reasonably Practicable〔(合理的に実施可能な限りリスクを低減させる)という基本原則〕
SIL　：Safety Integrity Level 〔安全インテグリティレベル(安全システムにおける安全機能の信頼性の分類。4 が最も安全性が高い〕

第 1 章

事業の概要

食品機械に関する JIS 規格は、通則をはじめとする 9 種類のシリーズ規格となっている。平成 7 年よりこれら食品機械 JIS は随時改正され、平成 17 年全ての改正が完了した。(社)日本食品機械工業会は、これら改正食品機械 JIS や ISO/IEC の採用による更なる安全・衛生化推進に向けた事業に取り組んでいる。当該事業もその一環として実施しているものである。
日食工が取り組んでいる安全・衛生化推進事業における当該事業の位置づけ、目的、必要性等、事業の概要について示す。

注　意

本書は最適な国際安全規格を検索するための資料である。
また、記載している事項は、本書作成時の規格を参考にした。規格は常に改正されるため、本書の内容が規格と合わない場合がある。

1.1　食品機械の安全・衛生設計基準

1.1.1　食品機械 JIS の改正への取り組み

食品機械の安全及び衛生に関する設計基準を定めた JIS 規格は、(社)日本食品機械工業会(以下、日食工)が原案を作成し、1988 年(昭和 63 年)～1990 年(平成 2 年)にかけて制定された。この規格は、多くの食品機械に共通する安全及び衛生設計に関する要求事項をまとめた“通則”と各機械別に必要な事項をまとめた 8 種類の細則からなるシリーズ規格である。細則は、製パン機械、製菓機械、肉類加工機械、水産加工機械、製粉機械、製めん機械、飲料加工機械、精米機械と、食品種別に分かれており、さらに機械ごとにそれぞれ要求事項を定めている。

食品機械JIS制定から5年後、1995年(平成7年)にWTOにおいてTBT協定[1)]が締結された。この協定に基づき、食品機械JISは他のJIS規格同様、ISO/IEC規格との整合化をはからねばならなくなった。日食工は、8 規格全てが改正期間である 5 年目を迎えていた食品機械JISをISO/IEC規格が定める機械類の安全性に関する設計基準へ適合をはかるため、1995 年より改正作業に取り組み、2005 年全ての改正が完了した(詳細は **3.1 参照**)。

注 1)　WTO/TBT 協定：貿易の技術的障害に関する協定(3.1.1 参照)

1.1.2　改正食品機械 JIS の普及に向けた活動

(1) 改正食品機械 JIS の特徴

前項に記したISO/IEC規格が定める機械類の安全性に関する設計基準は、数百もの規格によって、規格の体系を構成している。この体系は 3 階層から成り、機械メーカは、これらの規格群からISO 12100(機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則)が定める要求を満たすために必要なテクニックを検討し、そのテクニックに関する要求を定めた規格を参照しなければならない[1)]。

2005 年に改正が完了した食品機械 JIS は、ISO 12100 が定める安全設計のための基本概念を達成するために必要な食品機械だけの要求事項を定めるものでタイプ C という階層に属している。タイプ C の上位階層のタイプ B に属する規格は、食品機械を含めた多くの機械に共通する安全方策を定める規格であるため、タイプ C である改正食品機械 JIS は、すでにタイプ B の規格が定める要求事項は全て省き、機械固有のリスク低減方策やリスク低減を検討しなければならない危険源を中心に記載している。そのため、食品機械 JIS だけでは /IEC に従う安全設計を行うことはできない。

ISO/IEC に従う安全設計を行うためには、安全設計のための基本原則を定めた「タイプ A

規格」、及びリスク低減のためのテクニックを定める「タイプ B 規格」が食品機械 JIS の他に不可欠である。リスク低減のためのテクニックは、リスク低減に取り組むプロセスを含む。リスク低減のためのプロセスは、ISO 12100、ISO 13849、IEC 61508 などが定めている。食品機械 JIS の通則である JIS B 9650-1 の第 5 項に、リスクアセスメントの実施から妥当性の確認にいたる目標達成のための手段を記載しているが、これは ISO 12100、ISO 13849、IEC 61508 が示す「手順」を紹介したものである。

注 1)　規格の階層については 3.1.1(3)、(4)参照

(2) 食品機械のリスクアセスメント実施マニュアルの作成

以上のような規格の階層化や、機械の安全を達成する方法等は改正前の旧食品機械 JIS にはない、まったく新しい考え方であるため、ISO 12100 が公開された時、多くの業界でこの規格の解釈に苦しんだ。

旧食品機械JIS等、1995 年以前の多くのJISは、要求事項をチェックリストにすることで、規格への適合を誰でも簡単に確認することができた。しかしISO/IECが定める機械類の安全性に関する規格は、使用者が要求する受認限度内のリスクにまで低減をはかることを求めており、特定のリスクをどのように、あるいはどこまで低減するかは、機械の仕様や信頼性、コストなどの要素に基づき機械メーカが使用者と共に適切に判断しなければならない等、アプローチ方法から根本的に変わってしまったのである[1)]。

そこで、日食工では会員企業の要望を受け、業界の安全設計に対する取り組みを支援するため、平成 15 年度に**「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」**を作成・発行した。このマニュアルでは、食品機械産業専用の“危険源同定方法”、“リスク見積り方法”“リスク低減手順”などを開発し、広く業界内外へ公開した。リスクアセスメントに不可欠である危険源同定やリスクの見積りに関する手法は、幾つかの規格や書籍が取り上げている。しかし、それらは全て作業者が傷害を受けるリスクを対象としたものであり衛生リスクについては記載していない。日食工が作成したマニュアルは、作業者の傷害リスクだけでなく、衛生リスクについても見積もることを想定した我が国初の内容となっている。

さらに危険源の同定作業についても、通常はISO 14121 が示す危険源リストから危険源を探し出す“チェックリスト法[2)]”を多くの文献は紹介しているが、食品機械では温度、圧力、流速、粘度、質量といったプロセスパラメータの非定常状態からの逸脱による危害が多く発生するため、このプロセスパラメータから危険源を見つける手法である“HAZOP[2)]”を併せて紹介する個性的な内容になっている。

注 1)　ISO/IEC ガイド 51：1．参照

注 2)　危険源同定方法については「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」4.2.4 参照

(3) 食品機械の取扱説明書作成ガイドラインの作成

ISO 12100 が示すリスク低減活動では、取扱説明書や警告ラベルの検討は、最後の第 3 ステップにおいて実施しなければならないものとして定めており、本来設計上の対策を講

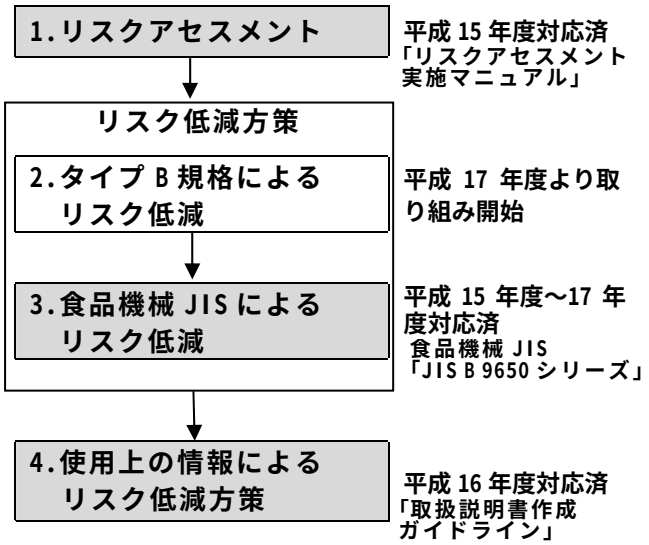
じなければならないリスクであるにも関わらず、警告ラベル等によって安易に安全設計を回避することを厳しく禁止している。

取扱説明書や警告ラベル等の使用上の情報は、機械を安全に、かつ正しく使用してもらうために必要な情報を使用者へ伝えるものである。**ISO 12100** では取扱説明書等の使用情報には、運転方法だけでなく“機械仕様”“残留リスク”“リスク低減方策”等、様々な情報の記載や、編集上の要求まで広く定めているが、これらは全て概念を述べているため、具体的にどのようにしたらこの要求を満たすのか判らない。取扱説明書の作成方法を解説する書籍は、ほとんど **PL** 法対応を目的としたものばかりで、平成 **16** 年当時には **ISO 12100** の視点から取扱説明書の作成方法を解説した書籍はやはり見あたらなかった。そこで、日食工は食品機械産業の国際規格に準じた安全設計対応支援の一環として、平成 **16** 年度に安全方策最後のステップとなる取扱説明書に関するガイドライン作成に取り組んだ。

当ガイドラインは、機械安全 **ISO/JIS** の要求を満たす取扱説明書とするために必要な記載事項、記載方法、表現、等についてできる限り具体的に、そして事例を交えながらまとめている。さらに取扱説明書は **PL** 訴訟に大きな影響を与える重大な要素であることから、米国及び我が国における取扱説明書の不備により生じた事故やその判例に関する調査を行い、**PL** の視点もかけ合わせ、専門家の指導に基づき慎重に検討を行った。

(4) 今後の予定

ISO/IEC が求める機械類のリスク低減プロセスは、**ISO 12100** が示す **3** つのステップからなる。このプロセスを便宜上**図表 1-1** のように変形して表すと、既に **1**、**3**、**4** の作業は完了している。**1.1.2 (1)**に記したとおり、食品機械 **JIS** には、多くの機械に共通するリスク低減方策は記載していない。そのため、機械の設計者はリスクを低減するために最も適切なテクニックと、そのテクニックに関する要求事項を定める規格をタイプ **B** の規格群から見つけなければならない。



図表 1-1 リスク低減方策への日食工の対応

しかし、全ての設計者が各種リスク低減のためのテクニックとそれに関連する規格要求事項に精通しているわけではない。また、食品機械に関連するタイプ **B** 規格だけでも数十種類あり、それら全ての規格を内容を見ずに購入することは現実的ではなく、規格のタイトルだけで必要な規格かどうか判断することも困難である。膨大な規格群の中から必要な規格を見つけださなければならないという条件は、技術者がタイプ **B** 規格だけでなく、食品機械 **JIS** の利用すら敬遠してしまうような状況をもたらす恐れがある。そのため日食工は、技術者が自社製品のリスク低減活動に必要な規格はどの規格であるか、そして手元にある規格が他の規格を引用している場合、その規格はどのような要求事項を定めているか、

といった事項を調べることができる、国際安全規格利用の手引き書が必要であると考え、(社)日本機械工業連合会の委託によって平成 17 年度より取り組むこととした。

ただしタイプ B 規格の数は多く、一度に全てを網羅する手引き書を作成することはできない。そのためタイプ B 規格を「機械」「電気・制御」「衛生」の 3 つのカテゴリーに分類することにした。今年度を含めおよそ 3 年をかけ、これらのカテゴリーごとに手引き書を作成・整備していく予定である。

1.2　事業の概要

1.2.1　事業の目的

現在、食料品製造業において発生する労働災害は年間約８千件(厚生労働省　「平成 15 年労働者死傷病報告」)を越え、製造業全体の中でも上位を占めており、労働災害の低減は同産業における重要課題の一つとなっている。これらの事故は、食品加工設備に由来するものも多いことから、国際規格に基づく安全設計の導入は急務と言える。また、我が国における作業者の安全確保だけでなく、特に昨今では、食品機械産業の国際化が進み、国際競争力を維持・強化する上でも国際的な安全性を有した機械の設計・製造への対応が必至である。

そこで（社）日本食品機械工業会(以下、日食工)では、以上のようなニーズに応えると共に、国際規格に基づく安全・衛生設計に取り組む企業活動を支援することを目的に、食品機械のリスク低減方策に関する調査・研究に取り組み、国際競争に耐えうる我が国食品機械の安全性向上に資するものである。

なお、当該事業では、平成 15 年 3 月に改正を行った食品機械の安全設計通則である JIS B 9650 の要求事項に従った設計に取り組むために必要な主なリスク低減方策について調査・研究を行う。なお、食品機械に関係する安全・衛生設計のためのリスク低減方策の多くはタイプ B に属する規格が取り扱っているため、タイプ B 規格を中心に関連規格の包括的な調査・研究も合わせて行った。

1.2.2　事業の実施過程

本事業の実施にあたり、日食工に特別委員会「食品機械の安全設計対応に関する調査研究委員会(安全設計調査研究委員会)」を設置し、平成17年6月から平成18年3月の間に合計４回の本委員会、並びに数回に及ぶ少人数によるワーキンググループを開催した。

委員会には、日食工の会員企業だけでなくユーザー企業、並びにセーフティーエンジニアリングや機械安全ISO/JIS、労働安全等、当該事業に関係する専門分野に精通した多くの専門家を招聘し、参画いただいた。また、当該事業の主査には、我が国で唯一“安全工学”に関する専門教育を行う長岡技術科学大学の名誉教授、田中紘一先生をお迎えし、当委員会における調査研究指導、及び報告書の監修にあたっていただいた。

当委員会が取り組んだ事業の概要は次の通りである。

(1) 食品機械のリスク低減に資する国際規格の調査・研究

(JIS B 9650-1を念頭にタイプB規格(機械共通安全規格)に関する調査・研究)

(2) 食品機械のリスク低減方策の現状、及び国際規格に基づくリスク低減方策に関する調査・研究

(3) 上記調査研究を取りまとめた報告書の作成

1.3　本書の内容

(1) 本書の目的と利用方法

機械類の安全性に関する規格は 3 階層からなる体系を構成し、このうち多くの機械に共通するテクニックに関する規格はタイプ B に属している。これらタイプ B に分類される規格は、主なものだけでも百種類近くの膨大な種類にのぼり、さらにこれらのうち、数十種類の規格は、食品機械のリスク低減方策に関係している。このような膨大な数の規格がそれぞれ引用関係にあり、一見複雑に思えてしまうことが、ISO/IEC や JIS の利用を妨げる大きな要因の一つとなっている。本書はこのような問題を取り除くため、技術者が ISO 12100 に従い容易に必要な規格を調べることができる資料を目指すものであり、国際規格を利用する際の“手引き書”としての利用を想定している。

(2) 本書が取り扱う情報とその利用法

タイプ B 規格は、一つのテクニックについて要求事項を定めているが、制御システムの設計のためのプロセスを定める ISO 13849-1 のように、制御システムの設計要求と共に、多くの安全機能の特性について触れた規格もある。このような規格については、内容を読まなければその規格がどのような項目を含んでいるか判断することができない。そのため必要な規格を検索するための情報には、規格の名称や適用範囲だけでは不十分であることから、本書では、規格が定める要求事項をまとめ、その概要を記載している。

これらの概要は、必要な規格を検索するための“参考情報”であり、この情報を規格要求事項として利用することはできない。機械類の安全に関する規格は(財)日本規格協会にて販売しているので、要求事項を利用する際は必ず購入しなければならない(第 5 章参照)。

(3) 分類

タイプ A 規格である ISO 12100 は規格体系の要であり、機械のリスク低減活動はこの規格要求からはじまる。本書はリスク低減方策別に関連規格情報をまとめ、編集したものであるが、リスク低減活動は ISO 12100 が示す 3 ステップを追って実施することから、本書に掲載するリスク低減方策の分類は、ISO 12100 のステップの順番に従った。

(4) 本書が取り扱うリスク低減要素

リスク低減方策は、機械安全、電気・制御安全、衛生安全、の 3 要素に当該事業では大別した。タイプ B 規格を中心とするリスク低減方策を定めた規格は膨大な数にのぼるため、これらすべての分野をわずか 1 年でまとめることはできない。そこで本書では機械的要素を中心に扱うこととし、電気・制御、衛生の各要素については今後引き続き、順次調査研究に取り組む。よってこの手引き書は、本書の他、以上の 3 要素による 3 部構成になる予定である。

1.3.1　第２章　安全：ヨーロッパの考え方・日本の考え方

機械類の安全性に関する規格の多くは、欧州を起源とする。欧州では、人間等の活動には限界があるとの認識を前提に多くの法律や規則を作っている。一方我が国では、人間等に常に正常な行動を求めるものが多い。この差が安全についても、顕著に現れており、我が国では「使用者の教育・訓練」に重点を置き、事業所単位での「運動」を奨励する方向を向いてきた。しかし欧州では、運動の限界を認め「人がミスを犯す」ことを前提に、工業製品の安全性確保を「制度」や「規則」として企業へ義務づけている。

近年の急速なグローバル化に伴い、我が国でも徐々に欧州の考え方が採用されつつある。**第２章**では、我が国で唯一安全工学の専門教育を行う長岡技術科学大学の田中名誉教授より、欧州と日本の安全に対する考え方の差違について取りまとめた原稿を特別に寄稿して頂いた。

1.3.2　第３章　規格に基づく食品機械の安全設計手順

機械類の安全性に関する規格は、リスクを低減するためのテクニックだけではなく、リスク低減に取り組む手順も定めている。企業がリスク低減に取り組む際、この手順を考えず、やみくもに規格を参照しても最適な結果を得ることができないばかりか、コストや時間を浪費することにも成りかねないので注意が必要である。

規格の利用法を理解するためには、規格体系の構成や、各階層の役割などに関する情報は有効である。そのため**第３章**では、規格体系と体系を構成する各階層等に関する事項と、**ISO 12100** が示す **3** ステップ法に基づくリスク低減プロセスについて解説している。

1.3.3　第４章　機械的な危険源と危険状態

リスク低減は、可能な限り正確に危険源(ハザード)を同定していることが不可欠である。危害は機械駆動部に由来するような目に見えるものばかりではない。プロセスパラメータの非定常状態から引き起こされるものや、電気制御回路の短絡や接点溶着、機械構成部品の破損等によって生じる危険源は、ある日突然リスクの増大を招く。従ってこのような故障モードにより生じる危険源は、通常そのリスクが作業者に意識され難いことから、技術者は設計時に最も注意を払わなければならない。時間の経過によって発生確率が異なる危険源は、機械メーカの技術者でさえも見落としたり、あるいは気付かないことすらある。このような危害の見落としを防止するため多くの優れた手法が開発されているが、中でも **ISO 14121** のチェックリストを用いた方法は一般的な手法として知られている。

第 4 章では以上のような危険源の概念と、**ISO 14121** の附属書である危険源チェックリストから、食品機械に関係する主な危害について、イラストを交えて解説している。

1.3.2　第 5 章　リスク低減方策利用の手引き【機械安全】

第 5 章は機械安全に関するリスク低減方策ごとに、方策に関連する要求事項を定めた規格番号、名称、そしてそれら規格要求事項の概要をまとめている。本章が手引きとしてまとめている機械安全に関するリスク低減方策は、**第 3 章**に示す **ISO 12100** の三つのステップに従い、リスク低減プロセスの「本質的安全設計**(**第 **1** ステップ**)**」から“基本事項”と“人間工学的方策”、「安全防護・付加保護方策**(**第 **2** ステップ**)**」からの“保護方策の選択”“保護ガード”“エミッション低減”“その他保護方策”をそれぞれ対象として加えた。

規格要求事項に関する概要は、イラストを併用しながらなるべく理解しやすい用語や言い回しを使うと共に、可能な限り箇条書きとするよう心がけた。そのため本章に記載している概要は規格と同一ではない。規格要求事項として読むことはできないので、設計に活用する時には必ず規格原文を購入し、要求事項を確認しなければならない。

なお本章には危険源から、リスク低減の参考に活用できる規格を検索するための附属書を掲載している。附属書では本書に引用している規格及びその他食品機械に必要と考えられる **ISO/IEC** と **JIS** 規格のタイプ **A** 及び **B** 規格を危険源別にまとめたものである。リスクアセスメントにより作成したリスク分析表からリスク低減のための対策を検討する際、この附属書から関連する規格を容易に検索することができる。

本書**(**特に **5 章)**で引用している規格の内容は、**5 章附属書 1.**「食品機械の安全衛生設計に関係する主な規格」に記す規格を参考に作成した。規格は数年ごとに改訂するので、規格を使用する際は、最新の発行年月を確認する必要がある。

第 2 章

【特別寄稿】
安全:ヨーロッパの考え方・日本の考え方

機械類の安全性に関する国際規格の多くは、欧州規格(EN 規格)をベースにしている。欧州では世界に先駆け、安全に対する考え方や技術について科学的な体系を築き上げてきた。今後さらに欧州の安全に対する考え方が世界に浸透し、いずれ各国の法規にも影響を及ぼすものと思われる。

本稿は、我が国で唯一安全工学の教育に取り組む、長岡技術科学大学の名誉教授、田中先生より特別に寄稿して頂いた。欧州と日本の安全に関する考えの違いを対比し、我が国が抱える課題や取り組むべき事項についてご提言を頂いた。

2.1　はじめに

皆様は「安全」という言葉を聞いて何を思い浮かべるでしょうか。多くの人は交通安全を思い浮かべるでしょう。主婦ならば食品や医療の安全を思い浮かべるかもしれません。柏崎に住んでいる人ならば原発の安全を真っ先に考えるかもしれません。このように「安全」は人によって受け取り方が異なってきますがどうしてでしょうか。それは安全には誰もが認めるような絶対的な境地や状態がないからです。ちなみに広辞苑[1)]で「安全」という言葉を引いてみますと①「安らかで危険のないこと」②「物事が損傷したり危害を受けたりする恐れのないこと」となっています。ところが、「危険」という言葉を引くと「物事が損傷したり、危害を受けたりする恐れがあること」となっています。何のことはない上記の安全の定義①と②はまったく同じで、言葉を言い換えているだけです。これからわかることは、損傷とか災害という実体を伴った言葉を使わないと安全は定義できないということです。従って、人によって具体的に思い浮かべる損傷とか災害が異なるので、「安全」という言葉に対する人の反応が異なるのです。

さて、上の定義によると危険が大きいかどうかを決めるのは受けた損傷や危害のひどさです。しかし、それだけではありません。損傷や危害を受ける頻度が問題になります。事故が 10 年に 1 回しか起こらないのと 1 月に 1 回は起こるのでは当然後者のほうがはるかに危険度が高いといえましょう。そこで欧米では危険の大きさを決める尺度としてリスクという概念を用いています。2003 年 11 月に国際安全規格 ISO12100「機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則」[2)]という基本規格が発効しました。そこでは、リスクとは「危害の発生確率と危害のひどさの組み合わせ」と定義しています。また 1999 年に発効した ISO14121「機械類の安全性－リスクアセスメントの原則」[3)]では「リスクとは危害のひどさ(潜在する危害の強度)と危害の発生確率との関数として表せる」と説明しています。ここで危害のひどさとしては、危害に基づく人の損傷の程度を重み付けとして数値化するのが普通です。その結果、リスクは定量化され、危険発生原因(危険源)に関係ない客観性を持った危険の大きさの尺度となります。従って、問題とする安全が、交通、食品、医療、労働、機械、原子力など多岐に亘ろうとも、リスクの概念を用いると共通の土俵で論ずることができるのです。

それでは、リスク概念を用いて、「安全」をどう定義したらよいでしょうか。上記の広辞苑の定義に従うと危険をリスクで置き換えて「安全とはリスクがないこと」と定義できます。しかし、国際規格の基本原則はこれと異なっており、「安全とは許容不可能なリスクのないこと」となっております。これは非常に重要な概念であり、リスクが完全にゼロとなる状態(絶対安全)は現実にはありえないという前提に立っています。逆に言うと、どんな安全方策を施してリスクを低減しても、ある程度のリスク(残留リスク)が残るが、そのレベルが世の中の一般的な常識から判断して許容できるならば、その状態を安全と見なしましょうという考えです。従って、危険源をリスク評価し、残留リスクが許容レベル以下になっていることを判断するために専門的な知識を要します。欧米では、この論理的思考、すなわ

ち、安全工学的要素を若年の頃から身に着けているのですが、日本ではその教育がまったく成されていません。私は大学では、機械工学科に属していましたが、日本の大学の工学部で安全工学を教えているところは皆無です。そこで往々にして、日本では安全とは絶対安全と勘違いしてしまうのです。その良い例が原発問題です。原発が設置されて 30 年以上たっていますがその当初から日本行政と電力会社は原発は絶対に壊れないという絶対安全を建前としてきました。そこで、定期点検で不具合が見つかっても、電力会社はそれはなかったことにせざるを得ず、自縄自縛の状態に陥っていました。2002 年 8 月に至って、内部告発によって、東京電力が原発自主検査データを改ざんしたことが明るみに出、残留リスクの存在が一般的に認められて、それに対する合理的な対応が 30 年たってやっと取られるようになりました。

最近法令順守(コンプライアンス)とか、企業の社会的責任(CSR)という言葉が新聞にしきりに出るようになって来ました(2004．6．11、日本経済新聞)。企業にとって、売り上げや利益の追求を「攻め」とすれば、法令遵守、リスク管理、CSR、環境管理などは企業倫理に関することで守りになります。守りにはコストがかかり、表面上には利益が生じないので、経営者は手を抜きがちです。しかし、これが一度ほころぶと攻めの成果は一気に吹き飛び、企業は存亡の際に追い込まれます。企業の生産額、技術開発力、特許数など統計値で表せる「攻め」の力は日本は世界第 2 位だそうです。ところが統計で表しにくい「守り」の力を加味して、ランク付けすると世界の第 30 位から第 40 位の間になるそうです。

日本の企業は適法範囲の境界に位置するような「法に抵触しないギリギリの行動」が最高の合理性を有するものと捉えてきました。しかし、現行法令の遵守は社会の求める倫理の最小限の範囲、そして最低水準を満たしうるにすぎません。これに対し、欧米では、1980 年頃より、倫理は行為を規制するよりも、行為の指針となる一連の価値観として捉えるという考えが台頭してきて、今ではそれが主流となっています[4)]。その際、具体的に行為の指針や対処方法を標準化し、明文化したのが、デジュール(de jure)規格です。最近、安全責任を中心として、デジュール規格が続々国際規格化されています。これは欧州連合(EU)の成立がきっかけになっています。すなわち、EU加盟国に共通の倫理規定を制定するにつき、法令では基本的要求事項だけを制定し、具体的な解決方法は欧州規格(EN)に委ねたのです。しかも、その規制は行政の力に頼るのではなく、企業の自主規制と民間機関の認証に依拠することにしたのです。さらに欧州規格を国際規格化して、欧州基準のグローバル化を戦略としました。ところが、世界の貿易に関する協定(WHO-TBT協定)よって、国際規格(ISO規格)は各国の規格に自動的に移植する必要があるので、結果的にEN規格の多くが日本の規格(JIS)に事実上取り組まれるようになりました。

そもそも倫理や価値観はそれぞれの国の文化に根ざしており、欧米のキリスト教文化に基づく企業倫理を日本の企業が受け入れるには相当な抵抗感があるのは止むを得ないでしょう。しかし、企業の社会的責任を考えたとき、それは合理性、普遍性を持っており、日本の企業だけがそれを守らなければ、世界から孤立し、「攻め」の力も唯空回りすることになるでしょう。本稿では、安全責任、とくに機械安全や製造物安全の問題を取り上げ、日本企業の価値観が如何に歪で偏っているか、事例を挙げて説明します

2.2　EU における安全責任

事例の話に移る前に安全責任についてもう少し詳しく述べます。**表 1** にヨーロッパ(EU)における安全に対する考え方をまとめて示しました。EUにおいては、機械の安全に関する基本的要求事項(機械指令)は加盟各国で法令化することが義務付けられています。その安全責任の基本概念はメーカが機械を安全に設計、製造することにあります(製造者責任)。設計者は機械と人の接点(マシン/マンインタフェース)で人に危害を与える恐れのある場所や事象(危険源)を同定し、そのリスクを評価し(リスクアセスメント)、対応する安全方策を施します。その際、機械指令の要求事項に整合させるように機械を設計するための具体的な技術指針は「機械類の安全性」と銘打った一連のEN規格(整合規格)で制定されています。先に述べましたように、これらの規格は事実上ISO12100 を始めとし、国際規格化されていますが、その一部を**図 1** に示しました。なお、ここでISOは国際標準化機構、IECは国際電気標準会議のことです。図を見ればわかるように、これらの規格は階層化されており、A規格は基本規格であり、機械の設計原則を定めたISO12100[2)]とリスクアセスメントの原則を定めたISO14121 より成ります。B規格は個別機械に対する規格です。A規格は満足すべき要求事

表1　安全に対する考え方：欧米

製造者責任重視
- **安全の尺度：リスク ― 罪の文化**
- **技術 ― 明示知（形式知）**
- **設計者の事前説明責任 ― 免責制度**
  - **設計者の自己宣言 ― 技術文書作成して安全立証**
  - **事業者（国）が設計者に説明を求める責任（スチュワードシップ）**

↓リスク水準の確認の必要性

安全認証制度：中立的な第3者機関（民間）
‘State of the arts’の原則で判断
判断基準 ― 階層化された安全規格
― 安全確認型システム
“神との契約”：契約を履行しているときには免責
不履行の時は厳罰（PL法）
- **製造物責任（PL法）：1985年**

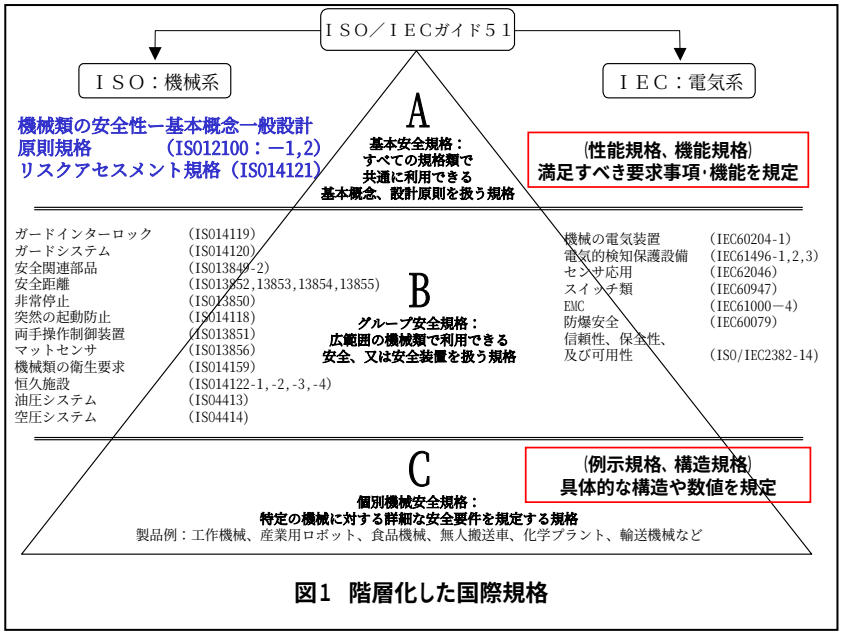


図1　階層化した国際規格

項･機能を規定しているので性能規定と呼ばれています。逆にC規格は特定の機械に対する詳細な安全条件を想定し、構造や強度、特徴などの具体的な数値が規定されているので、例示規定又は構造規定と呼ばれています。B規格は両方が混在します。このように規格が階層化されているのは、一般的な機械はAとB規格を使って共通性を持って規制できると考えているからです。現にC規格は危険性の高いいくつかの特定機械に対してしか制定されていません。

さて、機械のメーカは製造した機械が指令に整合していることを自己責任で立証し、適合宣言書を付し、裏づけ資料は技術文書化する必要があります。あるいは、自己責任で立証できない場合は、それを第三者の認証機関に委ねなければなりません。EU では整合性を立証できた機械のみを「CE」マークを付して市場に出荷することを許しています(CE マーキング)。また、メーカは機械の危険源のリスクを機械製作時における最高の技術(State of the art)を使って低減する義務があります。そして、それでも低減できなかった残留リスクを文書化して、機械の使用者に説明しなければなりません(説明責任)。この様に事前に万全を尽くして市場に出した機械が仮に人に危害を及ぼすことがあったにしても、設計者や製造者は責任を免れます(事前責任)。逆に、自己宣言で CE マークを付したにもかかわらず、指令に整合していない機械が人に危害を与えたら、メーカは製造物責任法（Product liability lows (PL 法))に問われ、訴訟で莫大な懲罰的賠償金を取られるだけでなく、社会的信用を一気に失墜します。これは、状況はまったく異なりますが、例の三菱自動車のリコール隠し事件を見ればわかることです。

前節で述べたように企業が規格を遵守するかどうかは任意で義務ではありません。特に、安全責任の様なデジュール規格の遵守はその利得が明白に表に現れないため非常に難しく、日本ではISO規格を遵守する企業は極めて少ないのが現状です。EUではCEマーキング及び認証制度という巧妙なシステムも構築して、規格の遵守に強制力を持たせています。しかし、これらのシステムも一朝一夕でできたようなわけでなく、ここでその経緯を振り返っても無駄でないでしょう[5)]。

(1) 伝統方式:1958 年以前

EU の前身の EEC が成立する以前は、欧州各国の安全規制は省令などの中で、規格の内容に相当する詳細な技術基準(構造規格)を定めることによって行われていました。技術基準が極めて厳格かつ詳細に規定してあり、取締りには良いが、基準の変更に省令自体を改正しなければならず時間を要します。また、取締りが目的ですから、その時代の技術の最低基準を定めているに過ぎません。

(2) オールドアプローチ:1958～84

各国固有の法律や政令自体にはできるだけ手をつけず、規格を欧州で共通化した整合規格として制定し各国の法律や政令などの中でそれを参照することによって強制力を持たせます。整合規格は構造規定化され簡潔で明確な製品範囲を規定する個別規格です。EEC(1967 年以降 EC、1993 年以降 EU)では規格の整合化によって市場統合が可能であると考えました

が、30 年間の努力にもかかわらず中々それが進展しませんでした。そこで EC は 1986 年に次の方式に政策変更しました。

(3) ニューアプローチ:1985～

市場の統合のために次の三つの要素で構成されます。

①安全と健康に関する基本的要求事項(指令)を設定し、加盟国がそれを各国の国内法に採択する。技術的な解決方法は欧州整合規格で決めます。

②広い範囲に適応可能な検査及び認証制度(グローバルシステム)を構築し、製品の基本的要求事項への適合性を認証します。検査及び認証は民間の第三者機関が行い、それが下した決定には強制力があり、行政は認証には関与しません。

③市場に流通している製品を効率的に監視するための CE マーキング制度の構築。CE マークは官庁やその外部団体からの許認可に基づくものでなく、製造者自身が貼付するものです。

EU では、旧来の手法では実現できなかった市場統合を「ニューアプローチ」方式で比較的短期間のうちに達成しました。この間、日本では法令に依拠した伝統方式が罷り通っています。それでは米国ではどうでしょうか。米国の連邦政府と州政府の関係は欧州における EU と各国政府の関係に似ています。米国の制度は EU のオールドアプローチ方式に近いようです。労働安全衛生法を始めとする法律には、具体的な基準は定められていません。連邦規則集に具体的な基準を定めていますが、それらは民間の機関である ANSI(米国規格協会)、NFPA(米国防火協会)などの学会や協会が規定した規格に準拠しています。米国のもう一つの特徴は製造物責任法(PL 法)の力が非常に強いことです。労災事故が産業機械メーカに対する PL 訴訟に発展するケースが多く、産業用機械の PL 訴訟は全米で年間数万件を超えるといわれています。

PL 法は製造物についての損害賠償の支払い責任に関する民法の不法行為責任(民法 709 条)とほぼ同じです。不法行為が成立するためには、損害の発生が、故意又は過失による加害行為と因果関係をもたなければならず、それらについては被害者が立証しなければなりません。しかし、高度で複雑な科学技術を用いて製造された工業製品について、消費者が、製造業者の故意･過失を立証することは事実上不可能です。PL 法はそのような被害者の保護を目的として、製造物の欠陥を立証すれば良く、製造者の無過失責任を問うています。米国の PL 法はコモンローをベースとしており連邦法でなく、州法なので州によって異なりますが、日本や欧州の PL 法との大きな違いは、次の様な裁判制度があることです。

(1) 懲罰的損害賠償(附加金)制度:被告に故意又は悪意が認められる場合には、現実に発生した損害のほかに懲罰的損害賠償が認められる。

(2) クラスアクション(集団代表訴訟):同様な欠陥によって発生した損害に対し、代表者が損害賠償を認められれば自動的に被害者全員の賠償が認められる。

(3) 開示要求制度:訴訟の当事者の一方が相手方または第三者の手持ちの資料を立証のために利用ができる。被害者は製造者側から入手した証拠によって製造物責任の用件のほと

んどを立証することが可能である。

欧州では、1985 年に PL 指令が出され、EU 加盟各国で法制化されました。日本では欧州の PL 法を参考にして立法化され、1995 年より施行されました。PL 法は損害が発生した後に責任を取る事後責任制に基づいています。しかし、EU では認証/CE マーキング制度に基づいた事前責任制度が有効に働いており、PL 法による訴訟は、米国に比べるとはるかに少なく 15 件/年 ほどです。日本は製造物責任の概念すら全くないような状況で PL 法訴訟は、10 件/年 ほどしかありません。

欧米の安全責任の考え方を最後にまとめておきましょう。機械などの製造物に基づく災害は製造者が責任を負うというのが基本的な考えです。その規制は EU では第三者認証/CE マーキング制度に依拠する民間の力により、米国では PL 法による法令によって行われています。しかし、後者においては PL 法訴訟を防ぐための対策として認証制度が発達しており、事実上事前責任性が取られています。また、PL 法は「開発危険の抗弁」を認めています。すなわち、製品を流通においた時点での科学・技術水準では欠陥を発見できないことを製造者が立証したならば免責されます。その際、根拠となるのは、規格です。規格は常にその時点における科学・技術水準(State of the art)に相応して改変していく義務があるからです。いずれにしろ、欧米では安全規制は民間の力を主体に実行していくのが基本であり、行政はそのシステム作りに力を貸すだけです。

2.3　日本における安全責任

表 2 に日本における安全の考え方をまとめて示しました。日本では機械などの製造物の安全責任は、労働安全の観点から捉えられ、使用者(事業者)責任のみが重視されてきました。そして、災害が発生してから、その責任を問う事後責任制です。そのため、どうしても、事故を起こした当事者の過失責任を真っ先に問い、つぎに事業者の管理責任を問うても、機械の製造者の責任を問うことは極めてまれです。労働安全は 1972 年に制定された労働安全衛生法(労安法)の取締規定に基づいて規制し、「産業界における自主的な労働災害防止活動を推進するとともに、広く一般の安全意識の高揚と安全活動の定着を図ること」[7)]によって守るとされています。ここでいう安全意識とは、一言で言うと「君子危うきに近寄らず」の精神です。すなわち、機械に大きなリスクが残っているのを承知の上で、危険を予知し、危険源に近寄らないようにする(危険予知型)のです。その際、重要なのは人のミスをできるだけ少なくし、危険予知や危険回避のノウハウ(暗黙知)は、人を訓練して伝承します。

これに反し、欧米の労働安全は「安全確認型システム」で守られています。日本と欧米のシステムの違いは、機械の表示灯を見ればよくわかります。日本では多くの機械が作動しているときは「赤」で表示します。これは、“機械が動いているので近づくな”という意味です。ところが欧米では「緑」で表示します。これは“機械は安全状態になっているので動かして良い”という意味です。すなわち、危険源から人を保護するガードはちゃんと閉じて

いますよ、あるいは危険領域に人が入っていませんよ、というように、安全が確認されていることを示しています。

表2　安全に対する考え方：日本

使用者責任重視

- **安全の尺度はない：絶対安全（ゼロ災害）― 恥の文化**
  上手に使いこなす。失敗しない。
- **人の重視：暗黙知**
- **事後責任：作業者の過失責任 ― 労災保険**
  事業者の管理責任
  ↓
  刑事罪

判断基準 ― 法令、省令（構造規格）
技術基準 ― 時代の最低要求水準
危険予知型システム：対処療法的対応（もぐらたたき、泥縄式）
“御上の威令“：第3者機関 = 管轄官庁

日本がどうして人を重視した安全政策をとってきたのか。私は恐らく、例の縦割り行政が原因と見ています。**図 2** は日本における全産業における労災死亡者数**(**労働者 **1** 万人当り**)**の推移を年度別に示しています。この結果は労安法が制定されてから**(1972** 年**)**急激に死亡者が減り、**2002** 年度には **0.3** 人**/1** 万人･年となっています。この数値は欧米諸国と比べても引けをとりません。**図 3** に国別の労災死亡者数**/**労働者 **1** 万人を示しています。日本は欧州諸国とほぼ同じ数値で北米よりはむしろ低くなっています。ただし、英国は機械安全認証システムを **EU** では最も早く取り入れた国だけあって、日本の **30**%以下となっています。韓国は **1** 人**/1** 万人･年となっていますが、この数値は日本の **30** 年前の水準です。余談ですが、この「万が一」という数値は日本の交通事故死亡者数とほぼ等しくなります。中国の数値は日本並みになっていますが、信じがたい数値で恐らく統計の不備によるものでしょう。なお、日本の労働安全行政がこれまで顕著な成果を挙げてきたことは、逆に製造者責任や機械安全を追及していくためには足かせとなっているのは皮肉なことです。

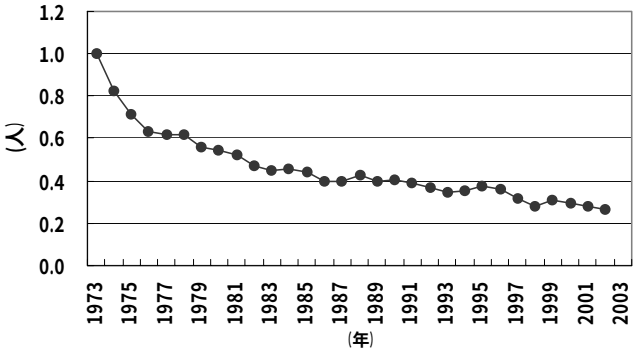


図2　全産業における労災死亡者数（労働者1万人当り）の推移

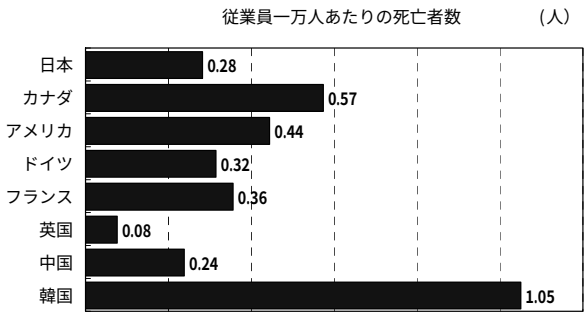


図3　各国の全産業における労災死亡者数（労働者1万人当り），２００２年度

2.4　箱ブランコ裁判[8)]

箱ブランコ裁判の事例は日本では危険な遊具で遊んでいた子供が重傷を負っても、遊具の製造者及び管理者は責任は問わないことを表しています。子供は危険を覚悟して遊ばなければなりません。

1997 年 10 月神奈川県藤沢市のみどりの広場で 9 歳の女の子が箱ブランコで遊んでいて転び、かご底と地面の間に足を挟まれ、右大腿部骨折の重傷を負いました。小学生とその両親が原告となって、藤沢市に管理責任、製造メーカの上坂鉄工所の不法行為責任を求めて民事訴訟を起こしました。この事件の背景及び状況は以下のようになっています[9)]。

(1) 国土交通省の 2001 年度調査では、全国の公園にある箱ブランコは約 1 万 3000 基である。内 2110 基で撤去や使用停止の措置がとられた。

(2) 原告の調査によると箱ブランコによる事故は下記のように起こっている。
1960～1997　49 件(内死亡事故 16 件)
1998～2003　24 件(内死亡事故 18 件)
藤沢市のみどりの広場では、今回の同様の死傷事故が 1989、93、94 年にすでに各 1 件起こっていた。しかも、同広場では、今回の事故の翌日にも同様な事故が 1 件起こっている。

(3) EU には玩具指令があり、また遊び場、遊具の運用に関する安全基準に関する規格 EN1176-7 がある。例えば、スウェーデンでは遊具による死亡事故はこの 10 年間に 1 件も起こっていない。ちなみに、EN 規格によると、かご底部と地面との間の隙間(クリアランス)は 40cm 以上と規定されているが、事故具では 22cm しかなかった。

(4) 箱ブランコの重さは 160kg もあり、体重 25kg の子供 4 人が乗れば 260kg になる。従って、かご底部で挟まれば、死傷に至る可能性があることは十分予知された。

(5) 原告の小学生は**図 4(a)**に示したように友達と両側から押して遊んでいて転び、箱ブランコで引っ張り込まれ、その底部と地面との間で挟まれて負傷したと推測された。ただし、小学生は転ぶところまでは覚えていたが、その先の記憶はなかった。

この裁判の結果は第 1 審横浜地裁(2001、12)では原告勝訴、第 2 審東京高裁(2002、8)では敗訴、最高裁(2003。1)で棄却となっています。

第 1 審の判決理由は以下の通りです。

①同種の事故の発生状況:1960 年の上坂鉄工所が製造して東京都に販売し中央区に設置された箱ブランコで死亡事故が起きたことが大きく報道されたこと、揺動幅の縮小とクリアランスを十分とることの必要性を指摘した新聞報道のこと、本件事故の前後の報道を取り上げている。そして「幼児や児童が通常予想される遊び方をする課程で生命や身体に重大な危害を及ぼす恐れのあるものを製造･販売することは、遊具というものの性質に照らして許されないところである」と明言している。

②箱ブランコを両側から押すこと(**図 4(a)**参照)については「むしろ通常予想される使用

法である」が、「かごの底部と地面の間に挟まれて重大な障害をこうむる危険性が高いことは、十分予見可能な事柄であった」のだから、「注意義務に反する過失」がある。

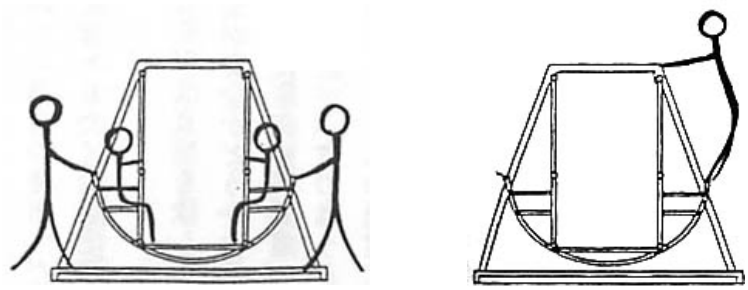
③「本事件に関して問題となる上記のような構造上の瑕疵(欠陥)について何らかの措置をとられていない以上、被告藤沢市の国家賠償二条一項の責任を否定することはできない」

第 2 審の判決理由は以下の通りです。

①「被控訴人はその主張とは異なる揺動方法(かごの背もたれの上部に乗っていわゆる立ちこぎ揺動など、**図 4(b)**参照)に興じていた際に誤って落下した等の推認をするしかない」。

②「もっとも肝心な点であるところの被控訴人が本件ブランコと衝突した瞬間及びその直前、直後の被控訴人の行動ないし動作あるいはこの間の事態の推移について具体的に述べる部分は無い」。

③「健全な社会生活を営む上では遊具の利用に伴う危険の管理はその製造者や設置･管理者のみならずその利用者を含めた関与者が各自の立場において公平に分担すべき責任である」。



(a) 両側押し揺動　　(b) 立ちこぎ揺動

図4　箱ブランコでの遊び方 (文献8) より引用)

第 1 審の判決理由は至極最もで、我々は素直に受け入れることができます。むしろ私にとって驚きなのはこの事故の時点までに **50** 件近くの同様事故が既に起こっていたにもかかわらず刑事事件にもならず民事訴訟にもなっていないことです。そしてこの裁判は箱ブランコの構造的危険性(=欠陥)を司法がはじめて認めた異例な判決であったということです(そもそも日本で民法が適用された欠陥製品を巡る損害賠償事件といえる過去の裁判は **100** 件程度しかありません)。さらに、日本にはこの様な遊具に関する事故データはどこに

も集積されておらず、ここで上げたデータは原告の両親が過去の新聞を調査して初めてわかったのです。例えば、上坂製作所の箱ブランコで 1960 年に死亡事故を起こしているにもかかわらず、裁判ではその事実は知らなかったと証言しています。また、藤沢市は事故があった公園で、過去に 3 件の事故があったにもかかわらず何の対策もとっていません。

第 2 審の判決文は法律用語を使っていてわかりにくいのですが、本件については目撃者がいない上、原告は事故の瞬間の記憶が無かったので、どんな事故だったか事実認定もできず誰が悪いのか判断もできないといっています。従って、原告はその主張とは異なる立ちこぎ揺動(図 4(b))などの危険な揺動方法に興じていた際に誤って落下したのかもしれない。クリアランスが足りないから本件事故がおきたのか、それとも全然関係なく起こっていた事故だったかわからない。

この判決は日本では如何に製造メーカの責任を問うのが難しいかを示していると思います。常識では箱ブランコにぶつかる直前にどんな行動をとっていて、ぶつかった直後にどんな状態だったのかと、前後の記憶がしっかりしていれば、その間にどんなことが起きたのかは合理的な推測をしてかまわないと思います。しかもクリアランスも 22cm しかなかったという欠陥も厳然たる事実であり、過去に同様事故が多数起こっています。それにもかかわらず、ぶつかったその一瞬の証拠が無いので原告の立証が不十分だといっています。

それにもまして私が強調したいのは、第 2 審の判決理由の③項です。これは判決の「傍論」として述べられたものですが、日本の典型的な安全思想を示しています。遊具の事故は、造った人、設置した人、それを使う人、遊ぶ人がみんな公平に危険分担と責任分担をすべきであるといっています。本件事故は製造業者らに予見可能であったとしても、すなわちクリアランスが足りないから子供が転んでしまったら死傷事故に至ることが予想されたとしても、子供は危険を避けて遊んでくれるであろうと、製造業者や設置者は期待していいのだといっています。要は遊具といえども危険なものだから子供はそれを承知で遊び、万一怪我をしたならば自分で責任を取りなさいということです。欧米では全く逆で子供は誤りを犯したり、危ない遊び方をすることは当然予知できることで、そのような場合にも危害を生じないように遊具を作りなさいというのが安全の考え方です。

2.5　三菱自動車のリコール隠し

この事件は日本では大企業ですらコスト至上主義であり、コストのためなら法令すら遵守しなくても良いと考えていることを示しています。安全責任やそれを放棄することに伴うリスクの高さを経営者が全く理解していなかったことによる事件です。

自動車のリコール制度は米国で消費者運動の結果、1966 年に制定されました。米国では運輸省高速道路安全局(NHTSA)が独自にクレーム情報を収集し、全て公開すると共に、リコールを命じる権利を持ちます。リコール制度発足から 25 年での、約 1 億 5 千万台のリコールの約半数はNHTSAが命じたものです。従って米国ではメーカがクレーム情報を隠しようが無いというのが現状です[9)]。

これに反し、日本では 1969 年にリコール制度が運輸省令で発足したのですが、自己申告制で罰則規定も無いものでした。これは通産省が設置法に「自動車の製造過程における欠陥」についての項目を所管していたため、運輸省には欠陥指摘の法的根拠がなかったからです[9)]。この状況は、機械安全に対する通産省と労働省の関係と酷似しています。

リコール制度がすっきりした形になったのは、1994 年(平成 6 年)に道路運送車両法(第 63 条)に虚偽報告に対する罰則規定が盛り込まれ、明確に運輸省に権限が移ってからです。しかし、運輸省には独自にクレーム情報を収集する機能が無く、メーカの申告情報に基づいてリコールを命じています。その上、メーカは虚偽報告をしても、罰則は個人法人とも 20 万円以下の罰金が科せられるだけです。ただし、2002 年の三菱自動車のリコール隠し事件を機に罰則は強化され、1 年以下の懲役又は 300 万円以下(法人は 2 億円以下)の罰金となりました(2004.9.1、日本経済新聞)。

日本のリコール制度初の罰則適用は富士重工業のリコール隠し事件です[9)]。1996 年滋賀県守山市で富士重工製の乗用車がオートクルーズ(速度制御装置)のレバーの不具合により暴走し、バイクと衝突し、バイクの女性は重傷を負いました。その結果、オートクルーズに構造的欠陥があったことが事故の原因であることが警察の鑑定により判明しました。これを受けて運輸省が富士重工本社へ立入り検査を実施して、富士重工がユーザからのクレームを受け、リコールに該当する問題であると認識しながら、運輸省に届け出ずに無償で回収･修理をひそかに行っていた事実をつかんだのです。そこで運輸省は富士重工を道路運送車両法違反で 140 万円の過料処分(行政処分)を科したのです。

三菱自動車(2003 年 1 月三菱ふそうトラック･バスを分社)のリコール隠し事件の発端は、富士重工の事件と同様な経過をたどりました。すなわち、2002 年 1 月に横浜市瀬谷区で走行中の三菱自動車製トレーラの左前輪が外れ、主婦と子供 2 人の死傷事件を起こしたのです。警察の調べで、車両と車輪を繋ぐ鋳鉄製のハブが強度不足から壊れたのが事故原因と判明しました。それだけでなく、02 年 10 月には山口県でトラック(冷蔵車)のクラッチハウジングが破損し、エンジンの回転を後輪に伝えるプロペラシャフトが脱落し、シャフトがブレーキ配管にぶつかってブレーキを破損するという事故が起こりました。そのため、トラックは建物に衝突し、運転手が車外に放り出されて死亡してしまいました。実は、三菱自動車では、2000 年 7 月には内部告発により、クレーム隠しをしていることが判明し、虚偽報告で過料を受け、当時の社長が辞任しています。それにもかかわらず、上記 2 件の欠陥は 2000 年の告発時にも意図的に隠していたのです。これらの事件を含めた三菱自動車の企業倫理関係の主な出来事の経過を**表 3** にまとめておきます。三菱自動車はこれらの事件により業務上過失致死傷 2 件、虚偽報告 1 件を告発されました。現在(2004 年 10 月)は公判中ですが、検察は以下のように三菱自動車の組織的な欠陥隠ぺい工作の実態を明らかにしました。

表 3.　三菱自動車の欠陥隠しを巡る主な出来事

1992 年 6 月	東京都で最初のトラックのタイヤ脱落事故
93 年 5 月	リベロ、ギャランなど乗用車 4235 台を対象にやみ改修を指示（これ以降 97 年 7 月まで計 26 件がリコールに該当するやみ改修）
96 年 3 月	クラッチ系統の部品欠陥で対策会議、４、５月にも
96 年 4 月	米生産子会社でセクシャル・ハラスメント（性的嫌がらせ）訴訟
97 年 10 月	総会屋への利益供与事件で取締役ら逮捕
99 年 6 月	広島県でバスとしては初のタイヤ脱落事故
2000 年 7 月	クレーム隠し事件が発覚。53 万台以上をリコールしたがクラッチ部品の欠陥を意図的に外す。やみ改修自体もやめる
00 年 10 月	河添克彦社長が辞任
01 年 2 月	クレーム隠しで警視庁が副社長ら 9 人を書類送検
02 年 1 月	横浜市瀬谷区で母子 3 人が死傷するタイヤ脱落事件
02 年 2 月	「脱落は整備不良が原因」と国交省に報告
02 年 5 月	大型車のサンプル調査で、整備不良とハブ破断に因果関係がないことが判明
02 年 7 月	「整備不良が原因」と国交省に報告
02 年 10 月	山口県でクラッチ系統の欠陥でトラック運転手が暴走死。他クラッチ事故 65 件
03 年 1 月	三菱ふそうトラック・バスが分社
03 年 10 月	神奈川県警、三菱自や三菱ふそうを捜索
04 年 1 月	県警、三菱自や三菱ふそうを再捜索
04 年 3 月	ハブの設計上の欠陥を認め、リコールを国交省に届け出（11 万台）
04 年 4 月	宇佐美隆会長が辞任
04 年 5 月	宇佐美前会長ら７人を逮捕
〃	クラッチ系統部品の欠陥を届け出
04 年 6 月	90 年代のリコール該当ヤミ改修が 26 件にのぼることを初めて公表
〃	三菱ふそうが社内処分

(1) 三菱自動車は約 **30** 年前からリコール隠しのため、車両の不具合情報を二重管理し、重大事故発生の危険性の大きいトラックやバスの情報の大半を秘匿した。運輸省の立ち入り検査の際は秘匿情報の書類を倉庫に隠し、事前にその訓練も行われた。

(2) タイヤと車輪を繋ぐハブは重要保安部品で破損は想定されていないものである。しかし、三菱自動車製大型車ではそのハブの破損が **2002** 年の横浜の事故までに **33** 件も発生した。ハブは設計順に **A-F** ハブと呼ばれ、破損事故の大半は **D** ハブ**(1993** 年設計**)**に集中し、横浜の事故車両も **D** ハブで起こっている。**D** ハブは **92** 年に初の破損事故が発生し強度アップを図るために開発されたが、実車実験などを手抜きしたため逆の結果をもたらした。

(3) 横浜の事故以前に破損したハブ **33** 個のうち、約 **10** 個の磨耗量は **0.5mm** 以上 **0.8mm** 未満であった。しかし、三菱自動車はその事実を秘匿し、国土交通省からハブの改善措置に関する報告を求められた**02**年**2**月、実際にはハブの強度不足を疑われていたのに、確たる技術的根拠も無しに「原因は強度不足ではなく、整備不良による異常磨耗で、磨耗量 **0.8mm** 以上のハブを交換すれば十分な耐久寿命を確保できる」と虚偽の報告をした**(2004.8.30**、朝日新聞**)**。

(4) 99 年に広島県でバスがハブの破損事故を起こしている。バスはトラックに比べ整備不良や過積載が起こりにくく、構造上の問題があったと疑われる。**99** 年までにハブの破損は **10** 数件発生していたが、当時の運輸省から原因の調査を求められた際、「同種の

事故や多発性は無い」と虚偽報告し、リコールをしないで欠陥を放置した。

(5) クラッチ系統の不具合情報は **92** 年から **03** 年までに **65** 件に上っている。この不具合に対し、三菱自動車は **96** 年に検討会議を開催し、技術や品質部門の担当者が集まって原因や問題点について検討したが、リコールの必要は無いと判断した。**2000** 年にクレーム隠しが発覚した際にも、クラッチ系統の不具合は運輸省に報告しなかった。それまでは、リコールの届けをしないまま改修**(**ヤミ改修**)**はひそかに **2000** 年まで行われていたが、それも打ち切ってしまった**(2004.5.21**、日本経済新聞**)**。

(6) 山口県の死亡事故の起こる **3** 日前、横浜市の首都高速湾岸道路を走行中のトレーラからプロペラシャフトが脱落し、後続車など **3** 台に衝突した。この事故を巡り、三菱自動車は国土交通省と車両を所有する運送会社に「多発性は無い」「整備不良が原因と見られ、きわめてまれな事故」と結論付けた報告書を提出していた**(2004.6.12**、日本経済新聞**)**

この様に三菱自動車の場合、欠陥車事件では、**2002** 年の「リコール隠し事件」の教訓が生かされなかったことが大きな問題です。後者の事件の際、道路運送車両法違反**(**虚偽報告**)**罪で略式命令を受けた同社幹部は警視庁の調べに対し、リコールをせず違法なヤミ改修で対応した理由をこう供述しています。「リコールすれば莫大な費用がかかり、成績に響くので、関係部署から市場品質部にリコール回避の圧力がかかり、それに従わざるを得なくなる」、「製造、設計、技術部門など不具合の原因を作った者は社内処分を受けるので関係者はその処罰から逃れたがる」**(2004.8.30**、日本経済新聞**)**。

前節に述べたように、日本では消費者**(**ユーザ**)**に対する製造者の安全責任は無視されてきました。三菱自動車でもコスト至上主義が罷り通っており、安全責任を果たさないことによって生ずるリスクがどんなに高くなるものかを経営者が理解していなかったようです。例えば、三菱自動車の場合 **2002** 年のリコール隠しが判明した後のリコール処理に **215** 億円かかり、国内登録者販売台数は前年比 **18.5**％減と業績が大幅に悪化。**02** 年 **9** 月中間期連結決算で、最終赤字が **756** 億円となっています[9]。欠陥車事件については未だリコール処理費は判明していませんが、この様な費用は後追いで措置すればするほど高くつくのが常識ですから、前回よりはるかに高くなっているでしょう。なお、同社の **04** 年 **3** 月期の連結当期赤字は **2,000** 億円となり、国内での自動車販売台数は前年度に比べると半減しています。さらに同社を支援してきたダイムラークライスラー社も三菱自動車本体に対する支援を打ち切ってしまいました。

2.6　BSE 騒動

BSE(牛海綿状脳症**)**の陽性反応が出た牛は **2004** 年 **9** 月現在で **13** 頭になりました。**01** 年に日本で **BSE** 陽性牛が始めて発見されたのですが、**BSE** に伴う騒動はリスクに対する日本人の考え方を浮き彫りにしたと言えましょう。

BSEはプリオンという極ありふれたたんぱく質が変異して脳に蓄積して空胞化してしまう病気です。類似の病気は羊や人間にも見られ、前者ではスクレピー、後者ではクロイツ

フェルト･ヤコブ病(CJD)と呼ばれています[10]。1986 年、英国の乳牛でBSEが始めて確認されました。発生数が増えるにつれて、人への感染が問題になってきました。しかし、10 年間にわたって英国政府は人に感染する危険は無いと述べてきました。その間に牛以外の牛科の動物や猫など、そして 1993 年にBSE(変異型CJD)が出始めました。英国における変異型CJD患者の発生はその後 02 年までに 114 名となっています[10]。英国では 96 年にBSE牛の屠殺処分措置が実施されたので、それまでに約 75 万頭のBSE牛が食卓に回ったと推定されています。従って、1 頭のBSE牛から１人の変異型CJD患者が出る確率は 2 万分の 1 と推定されます。BSEが発見されるまで日本では、最大数十頭の危険部位を除去していない感染牛を食べてしまったかもしれませんが、英国の例から考えて日本で発生する可能性がある患者は 0.006 人程度です[11](ただし食品安全委員会では最悪の想定で患者数を 0.1～0.9 と試算している。04.9.16、朝日新聞)。BSE発見後は危険部位を除去しているので、仮に牛肉に 0.1%の危険部位の汚染があったとしても確立は 2,000 万分の 1 に減じます。普通リスクがあるとみなせる下限の確立は 1,000 万分の 1 であるので、危険部位の除去により、CJDのリスクはなくなったといえます[11]。

BSEの伝染源は明らかで、羊や牛の屑肉や骨(肉骨粉)を餌として与えたために起こったのです。プリオンは加圧下で 130 度以上に過熱しないと活性化を止めるのが難しいのですが、オイルショックを契機として、低温熱処理されるようになり、リスクを増した肉骨粉が牛の口から入り、長い潜伏期間を経てBSEが発病するようになったといわれています[12]。

86 年に英国でBSEが発生してから、年々BSE牛数は増え続け、その数は 92 年にピークを迎えて、37,000 頭に達しました。それに伴い肉骨粉を反芻動物に与えることを禁止しましたが、反芻動物以外の豚や鳥へも肉骨粉を与えてはいけない、との対策をとりませんでした。これでは肉骨粉の製造が続けられたのは当たり前で、結局、反芻動物へ使えなくなって用途が減った分が他の国への輸出に向けられることに成りました[12]。その輸出が禁止になったのは 96 年になってからです。そのため、BSEは英国以外のEU諸国に拡散していくことになります。

日本は元々、肉骨粉を餌に混ぜて使う習慣が無かったため、それほど心配する必要は無かったのですが、2000 年の 12 月までは、国際獣疫事務局が国際基準、133℃以上 20 分、30 気圧以上で処理されたものについては輸入を認めていました。そのためEU内のイタリアとデンマークからの肉骨粉の輸入があり、2000 年度には各々約 3 万トンに達します。問題はこれらの輸入品が国際基準を本当に守っていたかどうかは保証が無いことです。日本では、酪農家には肉骨粉を使用しないよう行政指導しましたが、必ずしも徹底せず、96 年以降 01 年までに 9,500 頭の牛に肉骨粉が与えられていることが判明しました[12]。

ところで、01 年の 7 月から 02 年 1 月にかけて、日本のBSEのリスク評価に関して、EUとの間に激しいやり取りが行われました。EUの科学運営委員会はBSE評価を**表 4** に示したように 4 段階のうち下から 2 番目と評価したのです[10]。この評価は、日本でもBSE発生の可能性があるというものですが、この時点ではまだ発生していなかったため、日本の農林水産省はそんなことはあり得ないと強硬な態度でEUの評価に不満の意を呈し、ついにこの報告書を公表せずに評価を断ってしまいました(01 年 6 月)。ところが、評価を断ってから程

なく(01 年 9 月)、千葉県でBSE感染牛が発見されました、この様に日本人は理性的にリスクを評価して、それを客観的に受け入れるという習慣が無いようです。すなわち、農水省は感染牛が発見され、EUのリスク評価が正しいことが証明されたら、逆にそのリスクをゼロにする絶対安全状態を追求する政策に転換しました。すなわち、食品牛のBSE全頭検査に踏み切ったのです。最もノイドルファ[13]は「政治が絡んでくると絶対安全が主張されるようになる」といっていますが、まさに米国産牛肉の輸入再開問題で全頭検査の是非がクローズアップされてきたのです。

表４．　国別BSEリスク評価[2]

(EU 科学運営委員会、2002 年 1 月)

レベル１	レベル２	レベル３	レベル４
オーストラリア	オーストリア(2→3)*	フランス	ポルトガル
ブラジル	フィンランド(2→3)*	イタリア	英国
ニュージーランド	スロヴェニア(2→3)*	ドイツ	
シンガポール	インド	ギリシャ(評価中断)	
ウルグアイラインド	米国	日本(評価中断)(2006.6)	
等 16 ヶ国	等 12 ヶ国	等 21 ヶ国	

レベル 1：可能性は極めて低い
レベル 2：可能性はほとんどない。しかし、否定できない
レベル 3：可能性有り、または低レベルの発生確認
レベル 4：高いレベルの発生確認
*BSE が発生したためレベル 3 に移行
**2001.9 BSE 発生

2)山内一也,“プリオン病の謎に迫る”,ＮＨＫブックス，(2002)

検査でBSE感染が発見される牛の大多数は生後 2 年以上です。多くは子牛のときに感染するのですが、最初は異常プリオンの蓄積量が少なく、プリオン検査限度以下であるため検出不可能です。従って検査結果が陰性であってもBSEに感染していないことを意味しませんが、危険部位さえ除去していれば、変異型CJDに感染するリスクは無いといえます[11]。ところが、03 年 12 月に米国でBSE感染牛が最初に確認されて、日本政府は米国産牛肉を輸入停止にしました。その後日米両国間で輸入再開が協議されていますが、日本側のガードは堅く、ある米国大手食品会社幹部は、「日本人は潔癖症だ。牛肉の話になると危険がゼロでないと納得しない。この文化の違いは 10 年たっても埋まらない」と話したということです(2004.7.6、朝日新聞)。日本の食品の健康へのリスク評価機関である食品安全委員会は 20 ヶ月以下の牛の検査の除外を容認する内容をまとめ、政府もこの線で政治的決着を計ると思われます(2004.9.16、朝日新聞)。そもそも日本でこの様な全頭検査を開始したのは、厚生労働省はEUの基準、生後 30 ヶ月以上を全頭検査する意向でしたが、自民党が「風評被害を防ぐ対策が必要」として圧力をかけ、年齢に関係なく全頭検査に決まったとのことです。そしてその後全頭検査があたかも安全確保の切り札であるような伝説に変わっていったの

です[11)]。

2.7　おわりに

日本はこれまで生産至上主義が罷り通り、生産を上げコストを下げ利益を上げるのが善であり、それによって企業が栄えれば、国の経済力も上がり、市民の生活も潤うと考えられてきました。そこで、安全責任や企業倫理はむしろそれを阻害する要因とみなされ、むしろ排除されてきました。それを財界団体や通産省が後押ししてきたのではないでしょうか。その姿勢はバブル崩壊後もますます強く押し出され、リストラを断行している中、法令や行政規制を最低限守ってさえいれば良いという認識が一般的になってきました。その認識は日本でも有数の大企業にも蔓延していたことは雪印や三菱自動車の例を見ればわかります。いや、これらの企業は法令遵守すらできていなかったのです。

これに反し、企業がグローバル化していく中で、企業の価値を決めるのは経済力だけでなく､どのような倫理基準を有しているかということが重要なファクタになってきました。そして、その倫理基準も社会的に共通化して守っていこうというのが欧米の考え方です。その際、倫理基準は国が規制して強制法規で企業に守らせるのではなく、規格と認証制度を使うことによって民間企業の自己責任で守っていくというのが欧米の考え方です。例えば、安全責任では法令は守るべき安全事項だけを定め(性能規定化)、具体意的な技術基準や構造基準は規格によって定め国際規格化します。そして、規格に対する製品の適合性は民間の第三者認証機関の責任において認定するのです。強制法規による取締まりは法規の制定時の最低の技術水準の方策が施されているかどうかが判断基準となります。また、法規は問題や事故が起こって始めて制定されますから、災害が起こったときに責任を問われ(事後責任)、かつ使用者が責任を問われやすいのです。一方、規格は常に更新されますので、その時代の最高水準の技術基準(State of the art)の安全方策を要求することになります。また、性能規定ですと、規定を満足するように予め危険源を予知して安全方策を施すことができるので、製造者が技術文書を作成して安全立証することを義務化することにより、製造者の責任を問えるのです(事前責任)。逆に製造者は性能規定に適合するように製造したことが立証できれば、仮に事故を起こしても現在の技術水準では防げなかった事故であると認められて免責されます。

倫理規定は元々強制されて守るのではなく、お互いの信頼関係を基に守られていく筋合いのものです。しかし、一旦その信頼関係を裏切ったら、厳しいしっぺ返しを食わすというのが欧米の考え方です。自動車のリコール制は製造者責任制の一端ですが、日本の企業はその概念が希薄な上に、虚偽報告に対する罰則が極めて甘いため三菱自動車の経営者もリコール制度を実質上無視したのでしょう。これが米国で起こった事件ならば、PL 法に基づく民事訴訟で莫大な懲罰的損害賠償金を食らったことでしょう。

日本では、安全は使用者(ユーザ)の責任において守り、製造者(メーカ)の責任は問わないという考えが定着してきました。企業では労働者に対し、危険源の存在を自覚し、それから自らの責任において、身を守ることを教え込む精緻な労働安全体制を構築してきてそ

れなりの成果を上げてきました。しかし、製造者責任を放置してきたことは、安全技術や工学の発展を阻害し、世界の趨勢から大きく取り残されることになりました。例えば、箱ブランコの事故もかご底部と地面とのクリアランスをもっと大きくとれば、防げたはずです。それにもかかわらず 1960 年に死亡事故が起こって以来、40 年にわたって同じタイプの箱ブランコを作り続け､死亡事故が 20 件近く起こっても製造者は何の対策も取らず責任を問われないのです。結局のところ、全ての公園で箱ブランコを撤去することで最終決着が付きそうです。同様なことは、2004 年 3 月に起こった六本木ヒルズの大型自動回転ドアについてもいえるでしょう。この事故については、国土交通省は異例ともいうべき早さで事故防止対策に関する検討会を立ち上げ、04 年 7 月にはガイドラインを出し、10 月現在 JIS 化を検討しています。しかし、六本木ヒルズを始め、都内の主たるビルでは、その撤去を決め、東京都の条例でもその設置禁止を定めています。自動回転ドアはビルの省エネルギに非常に有効な設備であるにもかかわらず、安全技術が未熟なため撤去せざるを得なくなってしまいました。この様に新技術による開発品も安全技術が伴わない故に、商品化できず、国際競争力を失うというのが日本の企業の将来像ではないでしょうか。

最後にリスク概念の重要性を強調しておきます。企業は様々なリスクを抱えており、それを株主、顧客、住民のような利害関係者(ステイクホルダー)に説明する社会的責任があります。日本の場合、原子力発電や BSE 騒動に見られるように理性的な説明がされず、ややもすると絶対安全をめぐる感情的なやり取りになりやすいのです。この様な事態を防ぐためには多くの人々がリスク概念や安全思想を常識として身に着けていることが必要です。このためには、大学や高専の学生の教育から始める必要があります。

□提言（まとめ）

1. 製造者が機械安全を欧米のように製造者責任として考え、経営者自らが安全の重要性と企業の安全に対する責任を自覚する。

2. 企業の倫理基準を社会的に共通化し、全ての企業が共有する。倫理基準に従わない企業には厳罰による社会的制裁を加える。

3. 国民が常識として、欧米の安全に対する概念を身につける必要がある。大学や高専の一般教養として取り入れる必要がある。

参考文献

1) 広辞苑(第三版)，新村出偏，岩波書店，(1984).
2) ISO12100-1，2(JISB008，9)，機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則，(2003).
3) ISO14121(JISB9702)，機械類の安全性―リスクアセスメントの原則，(1999).
4) 中林真理子，リスクマネジメントと企業倫理，千倉書房，(2003)
5) K. K. Heing，中原登世子，安全工学，36(1966)263.
6) 長瀬二三男，製造物責任法の解説，新訂版，一橋出版，(2004).
7) 安全の指標，厚生労働基準局編，中央労働災害防止協会，(2004).
8) 危ない箱ブランコは片付けて，箱ブランコ裁判を考える会編，現代書館，(2004).
9) ブランドはなぜ堕ちたか，産経新聞社取材班，角川文献，(2002).
10) 山内一也，プリオン病の謎に迫る，NHK ブックス，(2002).
11) 唐木英明，安全医学，(2004，3).
12) 中村靖彦，狂牛病，岩波新書，(2001).
13) A. ノイドルファ，安全な機械の設計，田中紘一監訳，NPO 安全工学研究所，(2002).

第 3 章

規格に基づく食品機械の安全設計手順

平成 7 年から改正作業に取り組んでいた食品機械 JIS は(JIS B 9650～B 9658)平成 17 年 10 月､全ての改正が完了した｡この改正作業は､ISO/IEC が作成したガイド 51 が分類する「タイプ C 規格」に適合させることを主目的とした｡そのため改正食品機械 JIS は、この規格単独では使用することができない。その主な理由はガイド 51 が定めた機械類の安全性に関する規格の体系化構造にある｡設計者は食品機械 JIS への適合を検討するのではなく、機械類の安全性に関する基本概念を定めた ISO 12100 の原則を満たすことを検討しなければならない。

ISO 12100 は、使用者が定めた仕様条件(残留リスクレベル)や法規を考慮し、設計者は条件を満たす適切な方策を検討する“ リスクベースド・アプローチ ”を採用している。

本章では、以上のようなリスク低減の考え方、食品機械 JIS をはじめとする関連規格の利用法等についてその概要を示す。

3.1　規格が求める安全設計、及び規格の役割

3.1.1　機械類の安全規格

(1) JIS 規格の国際規格への整合化

1990 年、ISO(国際標準化機構)と、IEC(国際電気標準会議)は、機械類の安全規格作成機関に対する指針「規格に安全に関する面を導入するためのガイドライン」ISO/IECガイド[1)]51を制定・公表した。このガイド 51 は、機械類の安全性に関する規格を作成するための指針であり、“安全の概念”“受認限度内へのリスク低減プロセス[2)]”“規格の階層化構造”“規格作成方法”等を定めている。機械類の安全性に関するISO規格の作成を行うTC(Technical Committee)-199 は、このガイドラインに従いISO 12100(機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則)をはじめとする多数の規格を作成している。また、機械の電気装置の安全規格を作成するTCにはIEC/TC44 がある。

機械類の安全性に関する規格を理解する上で、1995 年に WTO(世界貿易機構)において締結された TBT(Technical Barrier of Trade)協定(貿易の技術的障害に関する協定)は重要である。TBT 協定は各国が定める規格・基準による非関税障壁を取り除くことを目的としており、この協定により WTO に加盟する我が国は、JIS 規格を ISO/IEC が作成する国際規格に整合化させなければならなくなった。この協定は食品機械 JIS にも関係がある。食品機械 JIS は(社)日本食品機械工業会(以下、日食工)が原案を作成し、1988 年～1990 年にかけて JIS B 9650～B 9658 として制定されたシリーズ規格である。

食品機械の設計要求事項を定めた国際規格は存在しないため、「JIS B 9650 シリーズは、この協定による影響を受けないのではないか」との質問が日食工に度々寄せられる。確かに ISO、IEC のタイプ C 規格に食品機械の規格はないが、食品機械 JIS は安全性に関する構造要求を定めた規格なので、ISO/IEC ガイド 51 が適用範囲にあげる「安全性に関する規格」に該当する。そのため食品機械 JIS は、ガイド 51 が示す“機械安全規格体系”の「製品安全規格（タイプ C 規格)」を構成する規格群の一部として扱わなければならないのである。3.1.1(3) に改めて記すが、ガイド 51 が示す機械安全規格体系の各階層に属する規格には、それぞれ階層別に規定レベルが定められている。そのため、食品機械 JIS はタイプ C 規格として必要な事項、並びにガイド 51 やタイプ A 規格が示すリスク低減手法に則った構成へ改正しなければならなかった。

JIS 規格の要求事項は 5 年ごとに見直しを行なうことが工業標準化法によって定められている。TBT 協定が締結された 1995 年は、9 つ全ての食品機械 JIS が見直し期間である 5 年目を迎えた年であったため、日食工は機械安全体系への適合を主目的に、これら 9 つの規格に関する改正作業に着手した。そしてこの改正作業は 2005 年 10 月にシリーズ全規格

の改正が完了し、タイプ C 規格として利用できる態勢が整った**(図表 3.1-1 参照)**。

注 2) 国際規格(IS)制定に関連する共通事項について ISO と IEC が共同で制定したガイド。
注 1) リスク低減のプロセスは「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」((社)日本食品機械工業会　発行)参照

規格の名称	改正年と規定している主な内容
JIS B 9650-1 食料品加工機械の安全及び衛生に関する設計基準通則 第１部　安全設計基準	・平成 15 年改正 ・機械安全規格体系における B 9650 シリーズの位置づけ ・食品機械全体に共通する傷害に関するリスクとタイプ B 規格で定められていない安全要求事項について定める
JIS B 9650-2 食料品加工機械の安全及び衛生に関する設計基準通則 第２部　衛生設計基準	・平成 15 年改正 ・食品機械全体に共通する、食品の非衛生リスクとタイプ B 規格で定められていない安全要求事項について定める
JIS B 9651 製パン機械の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 17 年改正 ・ミキサ、デバイダ、ラウンダ、プルーファ、リバースシータ、モルダ、包あん機、等 19 機種について定める
JIS B 9652 製菓機械の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 17 年改正 ・ミキサ、デバイダ、あんねり機、もちつき機、リバースシータ、オーブン、等 15 機種について定める
JIS B 9653 肉類加工機械の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 15 年改正 ・バンドソー、チョッパ、カッタ、ミキサ、スタッファ、スライサ、フライヤ、等 12 機種について定める
JIS B 9654 水産加工機械の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 17 年改正 ・フローズンカッタ、魚肉採取機、スクリュープレス、サイレントカッタ、等 19 機種について定める
JIS B 9655 製粉機械の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 16 年改正 ・精選機、加水機、粉砕機、シフタ、ピュリファイア、円筒型強制ふるい機、等８機種について定める
JIS B 9656 製めん機械の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 17 年改正 ・ミキサ、供給機、めん帯機、押出めん帯機、連続圧延機、調量切出機、蒸し機、等 11 機種について定める
JIS B 9657 飲料加工機械の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 16 年改正 ・サニタリーポンプ、貯蔵タンク、サイロタンク、プロセスタンク、等 21 機種について定める
JIS B 9658 精米麦機械製の安全及び衛生に関する設計基準	・平成 16 年改正 ・精選機、精米麦機、研米機、調質機、混米機、色彩選別機、マグネチックセパレータ、等９機種について定める

図表 3.1-1　改正食品機械 JIS 一覧

(2) 国際安全規格の成り立ち

食品機械の設計基準通則を定めた JIS B 9650-1:2003 の序文に**「ISO 12100 における一般要求事項を満たしていることが必要である」**と記している。これは以下に説明する機械安全規格の階層構造における、食品機械 JIS の位置づけを明示するものである。

機械類の安全性を確保するためには、多くの安全に関する事項に配慮しなくてはならない。危害の発生を防止するための「安全距離」「ガード」「スイッチ類」といった各種方策は、固有の機械だけではなく他の多くの機械にも共通する。1995 年以前の食品機械 JIS は、規格の中にガード等の一般的な安全方策に関連する要求も含んでいたように、あらゆる規格がガード等の多くの機械に共通する要素について、それぞれ要求事項を定めてしまうと規格ごとに異なる基準が定められてしまう恐れがある。このような複雑な規格は、設計者の誤解による設計上の誤りを誘引する恐れが高く、設計者が使用するには大変使いにくい非効率的な規格といえる。多数の機械に共通して利用できるリスク低減のための“アプローチ方法”や“ガード”、“安全距離”、といった事項は、可能な限り標準化されているほうが現場の技術者にとって、はるかに使いやすいのではないだろうか。

欧州は統合の際、加盟各国の工業規格を統一して EN 規格という枠組みを作った。この時参考にしたのが安全に関する規格について長い歴史を持ち、既に工業規格を合理的な体系としてまとめていた実績を持つ英国の BS 規格であった。EN 規格に採用された BS 規格の考え方は非常に優れたものであると国際的にも高く評価され、現在の ISO/IEC の安全に関する規格の原案としても採用された。従って、現在あるほとんどの安全に関する規格原案は欧州のもので、それが ISO/IEC となった後に JIS になる、という流れになっている。

(3) ガイド 51

ガイド 51 は ISO/IEC が世界の規格作成機関に向けて、前項で触れた“合理的な体系”をはじめとする、安全に関する規格が満たすべき基本概念等の条件を示した規格作成のための指針である。そのため ISO/IEC が定める全ての安全規格はこの概念と整合している。ガイド 51 が定める事項で最も重要な概念が、“合理的な体系”いわゆる規格の階層化である。機械類の安全性に関する規格は次の三階層に分類、整備されている。

－タイプ A：基本安全規格「全ての安全規格に共通する概念や基本原則」
－タイプ B：グループ安全規格「広く共通する保護方策」
－タイプ C：製品安全規格「個別製品の方策」

上記の階層を構成する各規格は、それぞれが適用範囲としている以外の事項については、適切な他の規格を引用する仕組みとなっている。そのため製品の安全構造を定めた規格が、多くの機械に共通する事項を改めて盛り込む必要がないことから、規格の分量は必要最小量となり、また広く共通する事項についてわずかに異なる基準が乱立することを防止する等、多くの点でメリットがある。

(4) 体系の種類

機械類の安全性に関する規格体系を構成する各階層の制限について簡単に触れる。

ISO 12100(機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則)は、タイプ**A**規格に属し、食品機械を含めた全ての機械類に共通する設計の安全原則を定めた体系の要になる規格である。規格体系のほとんどを占めるタイプ**B**、**C**の規格は、**ISO 12100**が定めた概念を実現するための具体的なテクニックを定めている。

タイプ**A**の「基本安全規格」、タイプ**B**の「グループ安全規格」、そしてタイプ**C**の「製品安全規格」に属する主な規格の例を**図表 3.1-2** にまとめた。ガイド **51** が定める各階層の概要は以下の通りである。

①タイプ A 規格(基本安全規格)

タイプ**A**と呼ばれるこの階層に属する規格は、広範囲な製品やプロセス等に適用が可能な一般的な安全性に関する概念、原則、要求事項を定めている。この階層には先の**ISO 12100**の他、**ISO 14121**リスクアセスメントの原則 の**2**規格が属している。この規格には詳細な構造要求はない。

②タイプ B 規格(グループ安全規格)

タイプ**B**は、「安全距離」「両手操作」「ガード」といった多くの機械に共通した事項に関する規格によって構成され「グループ安全規格」呼ばれる。

③タイプ C 規格(製品安全規格)

タイプ**C**は、上記**A**､**B**規格を補完すると共に、製品固有の要求を定める構造規格である。食品機械**JIS**は、タイプ**C**規格に該当する。

規格の階層	ISO/JIS：機械系	IEC/JIS：電機系
タイプA 全ての規格に共通する概念や原則	**ISO 12100** 基本概念 **ISO 14121** リスクアセスメントの原則	該当なし
タイプB 広範囲の機械に利用できる保護装置やテクニック	**ISO 13849** 制御システムの安全関連部 **ISO 13854** 最小隙間 **ISO 14119** ガードインターロック **ISO 14159** 機械類の衛生要求事項　等	**IEC 60204-1** 機械の電気装置－一般要求事項 **IEC 61496** 電気的検知保護設備 **IEC 61508** 電気安全機能　等
タイプC 個別の機械に関する詳細な規格	**JIS B 9650** 食品機械 **ISO 11806** 農業及び林業機械　等	**IEC 60335** 家庭用電気機器　等

図表 3.1-2　国際機械安全規格の階層化構成

これらの規格を食品機械の設計に適用する際に、設計者が知っておかなければならない重要な点は、前述したとおりタイプ**C**にはタイプ**B**やタイプ**A**で定めた事項を“例外を除

き改めて定めていない”ということである。タイプ A、B 規格で定めている事項について、タイプ C の規格では通常、該当する規格番号を示し、参照を指示するのみである。また、リスク低減に使用するテクニックをタイプ B を中心に自ら選択・考案すべき事項については「○○は、手指の巻き込まれない構造とする」というように、具体的な参照の指示もないものもある。従って改正食品機械 JIS だけを見ただけでは、規格の要求や、実施すべき手段の詳細は理解できない。

タイプ A が示す概念を理解し、タイプ B が定めるテクニックを知り、はじめて C が使えるようになる。これらの規格は、従来のように単独で存在するのではなく、全て有機的につながりあっているため、これらの規格は“安全規格体系”とも呼ばれている。以上の理由から、**3.1.1(2)** のはじめに記したように、食品機械 JIS の通則である JIS B 9650 の冒頭にはタイプ A 規格から対応しなければ食品機械 JIS を使用できないことを規格利用者に知らせる一文を明記しているのである。

3.1.2　機械類の安全規格が求める安全設計

(1) リスクベースド・アプローチ

機械類の安全性を定めた規格への適用について「関連する全ての規格要求に従って設計しなければならないのか」との質問も日食工へ時々寄せられるものの一つである。1995 年以前に発行された旧食品機械 JIS を含めた多くの安全設計に関する規格は、質問の通り合理的な理由がない限り規格要求事項を満たすことを求めていた。一方、1995 年以降のガイド 51 に従うタイプ C 規格は、規格に示された要求事項や、引用あるいは関連する規格が定める全ての要求事項を無条件に設計へ盛り込むことを求めていない。これら全ての規格が定める要求事項を満たそうとすると、多くの機械は、高価で、利便性や効率等の仕様が顧客要求を満たさない機械になってしまうのではないだろうか。このような機械は一部を除き、恐らく製品として成り立たないと思われる。ガイド 51 は以上のような機械設計を求めてはいない。

'95 年以前の規格は、規格通りに作ればその適合を誰でも簡単にチェックできたというメリットがあった。しかし、それでは技術が進歩して非常に良い安全性に関する技術が考案されても、JIS にないというだけで普及が妨げられる恐れがあった。このような問題点を改善するため、ガイド 51 は**「製品、プロセス又はサービスを使用することから生じるリスクを低減することに基づくアプローチを採用する」**とその冒頭に示している通り、“リスクに基づく最適な安全方策を選択する”ことを求めており、安全達成のためのアプローチ自体が、1995 年以前の JIS とは大きく異なっている。ガイド 51 が示すこのような手法を**リスクベースド・アプローチ**と呼ぶ。新旧食品機械 JIS におけるアプローチの違いを次に示す。

－旧食品機械 JIS(1988～1990)　：構造要求事項の適用により安全性の達成を求める。規格の適合を誰でもチェックしやすい。

－改正食品機械 JIS(2003～2005)：リスク低減目標に基づく合理的かつ科学的根拠に裏付けされた安全方策の採用を求める。この方策は、安全性と利便性やコストとのバランスによって決まる。新しく考案した技術であってもタイプ A の要求を満たしていれば採用できる。

リスクベースド・アプローチに基づく安全設計は、科学的な根拠に基づくリスクの見積りが不可欠である。そしてリスクを見積るためには、「機械の仕様」が明確になっていなければならない。なぜなら仕様が不明では、どのような使い方をしたらどのようなハザードが生じるか想定することすらできないからである。ハザードが判らなければ当然リスクを見積ることはできない[1)]。

注 1)「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」4.2.2　RA に必要な情報収集　参照

(2) 規格が求める達成すべき安全のレベル

リスクに応じて最適な安全方策を検討･採用しなければならないことを前項に記したが、これはリスクをまったく無くすという意味ではない。「リスク」とは危害が発生する“確率”と危害の“ひどさ”の組み合わせで決まる**(ガイド 51 3.2 参照)**。危害をもたらす原因、「危険源」がある限り、“確率”や“ひどさ”を低くすることはできるが、**0** にすることはできない。リスクを **0** にするということは「危険源」自体を取り除くことに他ならない。

危険源を取り除くことは多くの場合、結果がもたらす効果以上に大きな代償を伴うことが多いため、国際安全規格では、リスクが残留することを認めている。そしてその場合は、残留するリスクレベルを科学的な根拠に基づく“**受忍限度内リスク(Tolerable risk)[2)]**”以下に制御することを求めている。

「**受忍限度内(tolerable level)**」におけるリスクについて、**ガイド 51** は“**安全の概念**”においてつぎのように記している。

- **「絶対安全というものはあり得ない(no absolute safety)」**
- **「安全は“受忍限度内(tolerable level)”にまでリスクを低減することにより達成される」**
- **「受忍限度内のリスクは、絶対安全の概念と目的性・費用効果・社会の因習等の諸要因と合致する要求間の最善のバランスにより決定される」**

また、このリスクレベルを考える上で重要なキーワードとなる“安全性**(safety)**”について標準化に関する用語を定義する**ISO/IEC ガイド 2[3)]**は、「受け入れ不可能**(unacceptable)**な傷害のリスクがないこと」と定義しており、**ガイド 51** もこの定義を引用している。この安全性に関連する事項について、**IEC 61508-5** 附属書**B**はさらに詳細に解説している。そこでは許容リスクの概念を次の **3** つに分類している**(図表 3.1-3 参照)**。

(1) リスクが非常に大きく全面的に拒絶される〔**許容不可能なリスク(Intolerable risk)**〕。
(2) リスクが非常に小さいか、小さくされたので問題とならない〔**受入れ可能リスク(Acceptable risk)**〕。
(3) 上記**(1)** と**(2)** の中間で、実行可能なレベルまでリスクを低減している。そしてこのリスクを受け入れることによる利益が使用者にあり、リスクを更に低減するには費用が必要であることを考慮している〔**受忍限度内(許容可能)リスク(Tolerable risk)**〕。

上記の(3) が示す領域は**ALARP(As Low As Reasonably Practicable)領域**[4)]と呼び、この領域のリスクが残留する場合は、合理的に実行可能な限り、その時代における技術レベルを満たし､かつ社会的通念に基づいたレベルにまで､リスク低減をはかっていなければならない。この時の社会通念は、法律や指針、慣習、判例等が該当する他、統計学的な視点からといった様々な要素が当てはまる。

食品機械のような「受注生産の産業機械」は、作業者、使用環境、使用方法を特定するものであり、また、その用途に応じて使用者(事業所)が顧客要求として提示する安全性レベルを考慮しなければならない。広く受け入れられる安全**(Acceptable risk)**の達成は、場合によって“使いにくい”“高コスト”“過剰品質”“要求パフォーマンス未達成”等の弊害をもたらすことが考えられる。そのため食品機械の多くが、規格にも記載される **ALARP** 原則の適用による受忍限度内のリスクが残留することはやむを得ないところがある。しかしこの考え方について一つ強く注意しておかなければならないことは､**“ALARP 原則は、リスク低減のための取り組みを軽視することを認めるものではない”**ということである。そして、**ALARP** 原則の安易な適用は“安全の手抜き”として専門家より指摘されていることも重要な点であり、設計者はこのことを強く認識しておかなければならない。

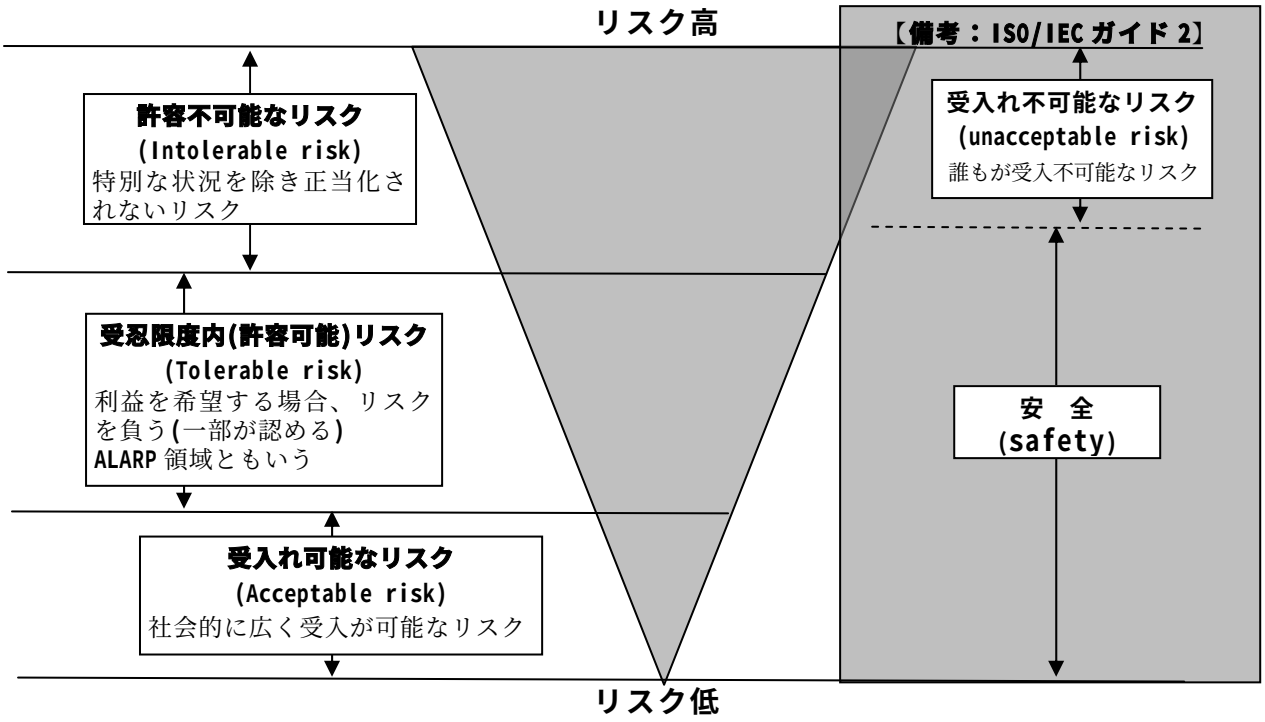
ALARP原則の適用により、リスクが合理的に実行可能な限り低減され、またその時残留するリスクが顧客要求事項と合致して(顧客が認めて)おり、リスクレベルが“許容不可能なリスク(Intolerable risk)”でない時、受認限度内までリスク低減を行ったと見なすことができる。受忍限度内(許容可能)リスクは、ある利益を得るためにリスクと共存しようとするものであるが、このリスクは時代と共に常に見直されるものなので、その度に、常にリスクを軽減する方向に改善していかなければならない。また、費用と追加の安全対策については､“**費用便益評価**[5)]”の考え方を採用することを**IEC 61508-5** は推奨している。高リスクなハザードのリスク低減方策ほど利益に対して不釣り合いな支出が予想され、許容度の上限限界付近においては利益に対して全く不釣り合いな支出が正当化される場合もある。低リスクの場合はリスク低減方策にかかる費用は少なくて済み、許容度の下端付近においては、費用と便益のバランスが取りやすい。

注 2)　**Tolerable risk：ISO 61508-5,及び「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」4.2.6 リクスの評価　参照**

注 3)　**ISO/IEC ガイド 2：標準化に関係する機関の相互理解のために、「標準化」及び「関連活動」に関する一般的な用語とその定義を示したガイド**

注 4)　**「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」4.2.6(1)　受認限度内リスクへの到着　参照**

注 5)　**「費用便益評価」:“費用－便益基準”、あるいは“リスク－便益基準”ともいう。米国の PL 関連判例法に基づくもので、製品に内在するリスクと製品の便益を比較考量した結果、リスクが便益を上回る場合その製品は欠陥であるとする考え方。**
「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル 4.2.6(1) 参照」



図表 3.1-3　リスクレベルの概念図(IEC 61508-5)

3.2　安全設計の手順

3.2.1　国際安全規格が定める安全設計手法

タイプ A 規格の ISO 12100-1 では安全設計を行うための手法を規定しており、安全化実現のための重要な手順として、主に次のような事項について定めている。

(1) 機械の制限に関する仕様の決定

(2) 危険源の同定、リスクアセスメント

(3) 3 ステップによる危険源の除去、又はリスクの低減

以下にこれらの事項の概要を記す**(図表 3.2-1 参照)**。

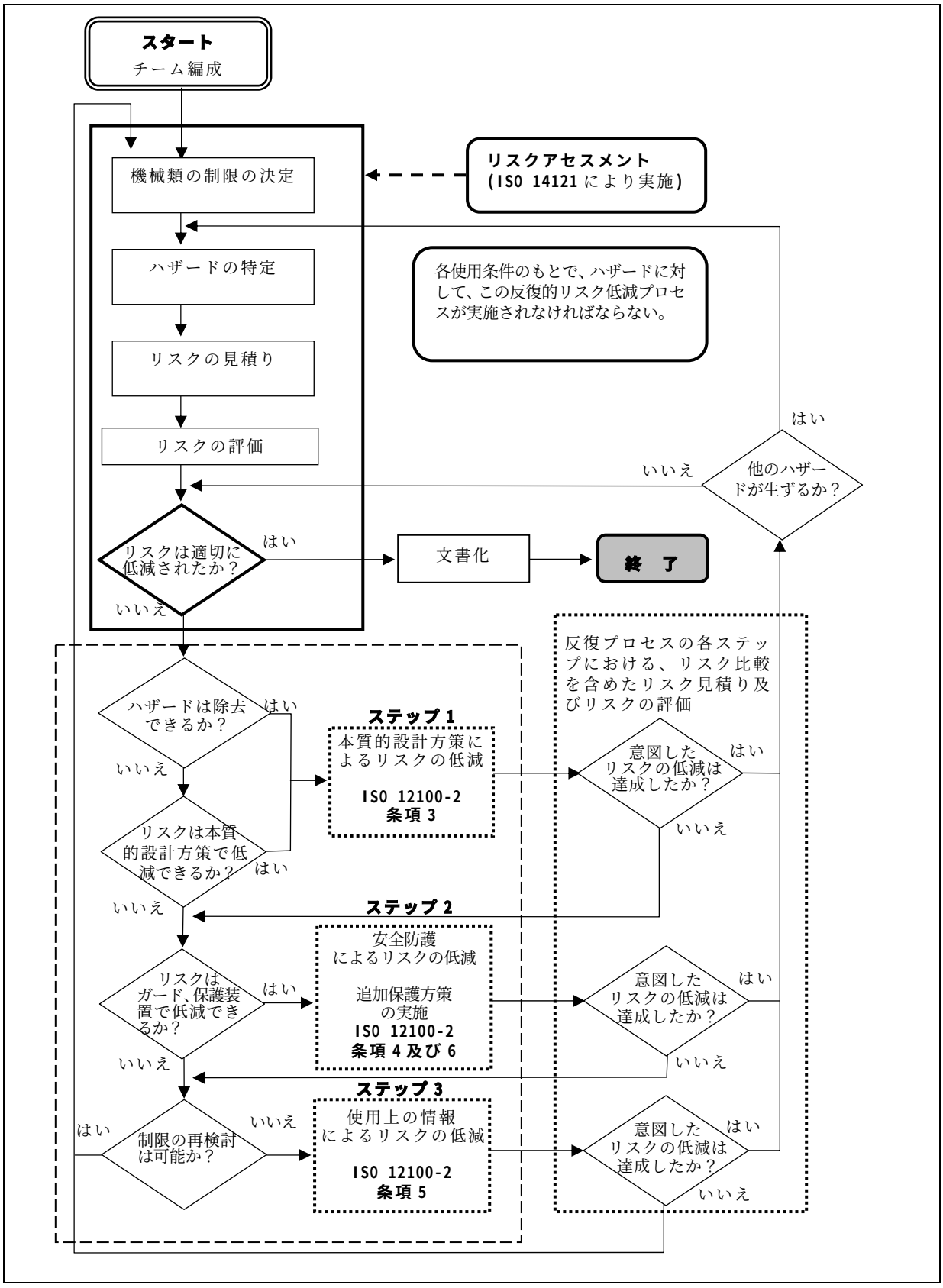
3.2.2　仕様の決定

設計の一般原則を定める **ISO 12100-1** では、設計に取りかかる始めのステップに「機械類の制限の決定(仕様の決定)」を行うことを定めている。どのような環境で、どのようなスキルを持った作業者がどのように使用するか、等といった情報は使用者にしかわからないので、機械メーカだけでは仕様を決定することはできない。平成 **16** 年に(社)日本食品機械工業会(以下日食工)が発行した**「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」**では、**図表 3.2-2** に示す情報を機械メーカは使用者より最低限入手することを推奨している。

仕様情報に関する要求ついては、**ISO 12100-1** の他に **ISO 14121**、**IEC 61508-1** においてもそれぞれ定めており、**IEC 61508-1** では管理機能、物理環境、危険の潜在原因、危険の情報、安全規制情報、相互作用による危険等の情報を集め、文書化することを求めている。

機械メーカは、使用者から示された上記“仕様情報”に基づき **3.2.4** に示す **3** ステップに従い、リスク低減に向けた検証・検討を実施しなければならない。しかし、現実には全ての情報を使用者が開示することは希である。どうしても必要な情報の一部が開示されない場合、機械メーカはリスクアセスメントを実施する際に不可欠である仕様にはメーカの標準仕様を用いることを使用者へ伝えると共に、仕様の詳細について承認を得る必要がある。

以上の通り、設計前に使用者と共に、機械仕様及びリスク低減目標及び安全方策の信頼性等を可能な限り明確にしなければならない。しかしこの時、顧客要求として提示されたリスクレベルが「許容できないリスク」レベルであったとき、機械メーカは安全配慮義務を負う企業の社会的責任として、最低 **ALARP** 原則の適用によるリスク低減を使用者へ提案することが重要である。



図表 3.2-1　安全設計の手順(ISO 12100-1、図 2-3 参照)

1．機械の名称（型式）	
2．使用目的と用途	
3．製品仕様	a)機械本体の設計寿命(耐用年数) b)使用上の想定稼働時間(連続、都度) c)原動機出力 d)機械の質量 e)機械の大きさ f)使用エネルギー源 g)空圧 h)加工対象物 i)加工能力 j)発生する騒音/振動の制限 k)据付型・移動型の別 l)作業者の作業位置 m)電磁適合性 n)概略図
4．使用条件	a)設置・使用環境（電磁環境を含む） （供給電源電圧、供給圧縮空気、供給水の仕様、電磁環境、作業室内仕様(清浄度)、温度・湿度、暗振動　等） b)電気設備(漏電遮断器など電源供給側の仕様、接地工事仕様など) c)その他　運転モード、段取り、保守・保全、廃棄 使用する洗浄剤や殺菌剤等の情報　等
5．機械構造	a)稼働部の作動範囲(制限) b)機械の据付・稼働・メンテナンスに必要な空間的条件 c)使用材料
6．作業者	a)作業者（資格、経験、力量、体格　等） b)作業者の年齢と性別 c)利き手による作業上の不都合/注意点 d)視覚･聴覚等の障害者に対する作業上の不都合/注意点 e)作業者の国籍/文化
7．周囲環境へ影響	a)振動 b)臭気 c)アレルギー d)飛び散り　　等

図表 3.2-2　事前に収集する基本仕様

(「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」(社)日本食品機械工業会　発行)

3.2.3　危険源の同定、リスクアセスメント

(1) 危険源の同定

仕様が確定した後､設計者は機械の使用によって生じる恐れのある危害とその原因(危険源)を同定しなければならない。この危険源の同定について“特定”という言葉を用いる専門家もいる。“同定”とは対象そのものや対象の所属をあるリストの中から決定することを指す用語で､化学分析や生物の分類等に使用される。一方“特定”はリストのない状態で、対象が何であるかを調べて決定するという違いがある。

危害やその原因は様々であり、まったく何もない状態でそれらを明らかにするには高い専門知識と訓練、及び経験を要する。しかし、現場の作業者全てがそのレベルに到達しなければ実施できないのでは、一般的な手法と言い難いため、通常、危険源を一覧にしたリストの中から対象を決定する「チェックリスト法[1)]」が用いられる。そこで、ここではチェックリスト法を中心に用いるということを前提に“同定”という用語を使用している。

危険源は、機械のライフサイクルにおける全ての場面について同定することが必要である。この作業は安全設計作業に必要な最も基本となる重要な工程である。この段階で危険源を見落としてしまうと、この後に続くリスクの見積り、そしてリスク低減活動等のすべてが欠落してしまう。

従って危険源を見落とす可能性を低くするため、機械メーカが定めた機械の使用手順の一動作ごとに危険源を分析するJHA[1)](Job Hazard Analysis)や、操作時に制御を必要とする全てのプロセスパラメータから非定常状態を想定し分析するHAZOP[1)](Hazard and Operability Study) といった手法の併用を日食工では推奨する。また、過去に出荷したことがある同類の機械については過去に生じた危害から原因を分析するFTA[2)](Fault Tree Analysis)の手法を用いることも効果的である。

注 1) チェックリスト法、JHA、HAZOP は「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル」4.2.4 参照
注 2) FTA：JIS B 9702 (ISO 14121) 附属書 B 参照

(2) リスクの見積りと評価

危険源の同定が完了した後、それぞれの危険源がどの程度のリスクであるかを見積らなければならない。リスク見積り方法には主に、BS 5304 に基づく「加算法」、MIL-STD-882D が示す「マトリクス法」、ISO 13849 が紹介する「リスクグラフ法」等が一般的に使用されている。日食工が発行する「食品機械のためのリスクアセスメント実施マニュアル」では、簡便で汎用性にすぐれた手法として評価されている「マトリックス法」を用いた例を紹介している。リスクアセスメントの実施に関する詳細については同書を参照して頂きたい。

全ての危険源について、リスクを見積ることができたら、そのリスクは“顧客要求”あるいは仕様を満たしたレベルか否かを判定し、残留リスクが目標とするレベルとなっていることを確認し、設計プロセスへ進む。リスク低減が必要な場合、目標とするリスクレベ

ルにまで効果的にリスクを低減することができる方策の検討を行い**(3.2.4 参照)**、残留リスクを再評価しなければならない。

リスク評価はこの時点で終わるのではなく､デザインレビューにおける評価項目として、全てのレビュー実施時に再度確認することを強く推奨する。

また、使用者から指定がなく、リスクアセスメントを実施した結果、防爆や圧力容器等の特殊な仕様が必要であることが判明することもある。このような場合、関連法規及び規格への適合を含め、再度使用者と「基本仕様」について再度検討を行なうことが必要である。

3.2.4　3 ステップ法によるリスク低減

残留リスクを目標とするレベルにまで低減させるためには、発生する傷害や損失等の危害の“大きさ”、危害の“発生確率”のいずれか、又は双方同時に低下させる最も効率的な対策を検討しなければならない。**ISO 12100** ではリスク低減に利用できる安全方策の採用優先順位を以下に示す **3** 段階に分けており、この順序に従い、検討を行わなければならない**(図表 3-2.1 参照)**。

①本質的安全設計(Inherently safe design)方策：

本質的な保護方策は、「危険源を取り除く」か、又は「機械自体や機械と暴露される人との間の相互作用に関する設計特性の適切な選択」によりリスク低減を達成する取り組みで、最も重要なステップ。

②安全防護・付加保護方策：

本質的安全設計によって合理的に「危険源を取り除く」、あるいは「リスクを十分に低減できない」場合に、ガードや、非常停止装置等の追加設備の採用を検討する。

③使用上の情報：

「安全防護対策を採用」した後に残留するリスクについて使用者へ情報を提供する。上記二つのステップで適切に対応しなければならないリスクを「使用上の情報」で代替してはならない。

(1) ステップ 1：本質的安全設計方策

ISO 12100-2 では本質的安全設計として、以下にあげる **15** 項目を規定している。これらの方策は全て「危険源を回避する」又は「機械自体や機械と暴露される人との間の相互作用に関する設計特性の適切な選択」に関するものである。

本質的安全設計には「**安全機能の故障確率の最小化**」に関する要求がある。この中に規定する“**信頼性のある構成品の使用[1)]**”“**非対称故障モードの採用[2)]**”“**冗長化[3)]**”は、制御だけの方策ではない。全ての機能、構造も対象となる。この要求事項を採用することで、安全機能の高信頼化を達成することができる。

注 1)　信頼性のある構成品：機械的、電気コンポーネント及び付属部品等の高信頼化を指す。電気コンポーネントについては、セーフティーリレー等の採用があり、機械的な高信頼化については“ポジティブな機械結合”が推奨される。

注 2)　非対称故障モード：故障が生じた時、機械は常に安全な方向へ故障する特性。安全に関する機能が故障により無効化された状態で機械が起動し続けるのは“対象誤り”となる。非対称故障モードの代表的な例にヒューズを利用した回路がある。

注 3)　冗長化：特定の機能が故障しても他のシステムがその機能をカバーするシステム。例として次のようなものがある。

- **検出器を二台設置し、信号に相違が生じたときに停止等の適切な反応が生じる。**
- **圧力容器に安全弁を二つ設ける。または圧力弁の他に“バースト板”を設置する。**

機械類の安全方策について、ISO が示す 3 つのステップ以外に安全方策を“直接的安全技術”“間接的安全技術”に分類することがある。直接的安全技術は、機械やそれに付随する全ての機能が正常状態にあるとき、構造に由来する危険状態を機械に必要な機能を損なわずに幾何学的又はエネルギ的にリスクを除去、あるいは低減させるための技術である。一方、間接的安全技術は、存在する危険状態が機械の機能上どうしても必要な場合、ガードや両手操作等の保護方策によってリスクの低減をはかる技術となる。

この場合、「本質的安全設計」の幾何学的方策、物理的側面、人間工学的原則の考慮、等が直接的安全技術に該当する。そして「安全防護・付加保護方策」は間接的安全技術に分類できる。本書における安全方策の分類は **ISO 12100-2** に従った。

【ISO 12100-2　が示す本質的安全設計方策】

①幾何学的要因及び物理的側面の考慮
②機械設計に関する一般的技術知識の考慮
③適切な技術の選択
④構成品間のポジティブな機械的作用原理の適用
⑤安定性の考慮
⑥保全性の考慮
⑦人間工学原則の遵守
⑨電気的危険源の防止
⑩空圧・液圧設備の危険源防止
⑪制御システムへの本質的安全設計
⑫安全機能の故障確率の最小化
⑬設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限
⑭供給、取り出し作業の自動化による危険源への暴露機会の制限
⑮設定・保全作業位置を危険区域外とすることによる危険源への暴露機会の制限

(2) ステップ 2：安全防護・付加保護方策

本質的安全設計によって合理的に危険源の除去、あるいはリスクを目標レベルまで低減することが不可能な場合、危険源に作業者が晒されることを防止するためガードによって危険源を隔離するか、検知保護設備により作業者の存在を検出する等、最適な保護方策を検討しなければならない。

ステップ **2** では、安全な状態を確保するテクニック及び安全情報を検出しエネルギとして出力する多くのテクニックについて定めている。これらの安全方策は、安全情報を常に検出し、安全情報が検出されている間は安全状態を維持する、さらに「安全状態」、あるいは「安全情報を伝えるエネルギ」のいずれか一方、又は双方が消失した時、危険源を直ちに安全な状態にする構造でなければならない。このようなガード、又はガードと検知保護設備を組み合わせた保護方策は **“安全情報抽出の原理”** に従わなければならない。

“安全情報抽出の原理”は、2 値の論理式を用いて表すことができる。**S**を“安全”とし、**1** を“安全な状態”、**0** を“安全でない状態”とする。また、安全を検出するセンサや伝達手段の環境・動作状態を含めて抽出される安全情報を**Sr**とし、**1** を“情報有り”、**0** を“情報無し”とする。そして抽出した安全情報**Sr**を伝達するエネルギを**E**とし、**1** を“エネルギ有り”、**0** を“エネルギ無し”とした時、安全情報**Sr**は次式となる[1)]。

Sr＝E・S・・・・・・・・・・・・・・・式 3-1

注 1)　蓬原 弘一　「安全工学基礎ノート」長岡技大　　より引用

上記の式に従う安全方策は、安全であり**(S＝1)**、エネルギがある時**(E＝1)**のみ、安全情報 **Sr** は伝えられ､安全でないとき**(S＝0)**に安全**(Sr＝１)**情報を示すことはないシステムであることが判る**(Sr＝1** となるのは **E**、**S** 共に **1** の時だけ**)**。

ステップ **2** で採用する以下の安全防護並びに付加保護方策は、上記式 **3-1** の条件を満たすものでなければならない。なお、ステップ **2** に分類される保護方策は、タイプ **B** だけでなくタイプ **C** においても要求していることがある。

①ガード（固定ガード、可動式ガード、調整式ガード、起動機能付きインタロック付きガード､）
②検知保護設備の選択と実施
③エミッション低減のための方策
④付加保護方策

(3) ステップ 3：使用上の情報

使用上の情報提供は、リスク低減に対する設計者の貢献の一部として規格は示している **(ISO 12100-1** 図 **1)**。しかし、同時に「保護方策の適切な適用を使用上の情報で代替してはならない」と規定していることを忘れてはならない。残留リスクは、必ず **ALARP** 原理に基づいていなければならない。

使用上の情報は、安全で、かつ正しい機械の使用を確実にするために必要な全ての指示事項を含まなければならない。ステップ **1**､**2** によりリスクを低減した後になお残留するリスク情報とその回避方法も含まれる。

残留リスクに関する情報に含まれる主な事項は次の通りである。

・リスク低減後に残留する危険状態とリスクの大きさ
・機能上どうしても、構造上の方策によってリスク低減ができない場合の危険状態とリスクの大きさ
・リスクを低減するために必要な訓練
・リスクを低減するために必要な作業者が身につける保護具
・リスクを低減するために機械が装備している各種保護方策
・記述した使用法以外の方法で機械を使用することに起因する危険状態とリスクの大きさ(合理的に予見可能な誤使用)。必要に応じて禁止事項

また、使用上の情報に定める事項に ISO12100-2 は、第 6 項で次の 5 項目を規定している。

①使用上情報の一般要求
②使用上情報の添付配置とその性質
③信号及び警報装置
④表示、標識、警告文
⑤取扱説明書等、付属文書

なお、使用上の情報としての「取扱説明書」の作成に関する詳細は、**「食品機械の取扱説明書作成ガイドライン」(**日食工発行**)**を参照。

3.2.5　規格に基づく安全設計手順と本書の記載事項

国際安全規格が定める安全設計手順と本書の内容との関連について、その概要を以下に示す。なお、本書は機械的な安全構造や機能についてのみ、まとめるものであり、電気・制御、衛生構造については、別冊としてとりまとめる予定である。

安全設計手順	本書の対応する記載事項
(1) 危険源の同定/リスクアセスメント	**第 4 章　機械的な危険源と危険状態** 詳細については、日食工が発行した「食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル(H16 年)」を参照。
(2) 本質的設計方策によるリスクの低減 (ステップ 1)	**第 5 章　リスク低減方策利用の手引き** **5.1** 本質的安全設計－機械要素的方策 **5.2** 本質的安全設計－人間工学的方策
(3) 安全防護によるリスクの低減 (ステップ 2)	**第 5 章　リスク低減方策利用の手引き** **5.3** 安全防護・付加保護方策－保護方策の選択 **5.4** 安全防護・付加保護方策－保護ガード **5.5** 安全防護・付加保護方策－エミッションの低減 **5.6** 安全防護・付加保護方策－その他の保護方策
(4) 使用上の情報によるリスクの低減 (ステップ 3)	日食工が発行した「食品機械の取扱説明書作成ガイドライン(H17 年)」参照

図表 3.2-3　安全設計手順と本書の関連

第 4 章

機械的な危険源と危険状態

安全方策の採用によるリスク低減は、正確に危険源を把握することにより達成することができる。機械に潜在する危険源は、直接目に見えるものだけではなく、制御機器の論理性を含めて確認を行わなければ正確な結果を得ることはできない。しかし本書は機械構造を中心としたリスク低減対策を中心としているので、第 4 章では心理的な側面も含めた「機械的危険源」を主に取りまとめている。制御回路の論理や衛生構造等は改めて取り上げる。

正確な危険源の同定は、多くの知識と経験を要する。リスクアセスメントの原則を定めた ISO 14121 では、危険源の同定に取り組む作業を助けるため、危険源リストを附属書に添付している。作業手順に従い、リストから危険源を選ぶことにより、危険源を見落とす可能性を低くすることが期待できる。本章は、ISO 14121 が示す危険源リストに従い、食品機械に関係する主な危険源を取り上げる。

危険源と危険状態に関する事項は、本来リスクアセスメントに関するものであるが、安全設計手順の一環として本書に章を設けた。リスクアセスメントに関する参考資料としても利用できる。

4.1　危険源

顧客が求める安全な機械を提供するためには、その機械にはどのような危険源(hazard)が潜在しているのか、設計者は可能な限り正確に把握しなければならない。危険源の同定は、3.2.3 に記したようにチェックリスト法、JHA、HAZOP、FTA 等、多くの優れた手法を用いることによって、高い精度でおこなうことができる。ただし、このような手法を用いても、実施する技術者が「危険源」とは一体どのようなものか、あるいはどのような種類があるのか、といった情報を持っていなければ、見逃してしまう可能性が高い。

危険源の同定を行う工程は安全設計プロセスの上流に位置するので、うっかり潜在する危険源を漏らしてしまうと、この時点で早くも ISO 12100 が目的とする設計段階における安全性の達成が不可能となる。このようなことを防ぐためにも、危険源をリスト化し、その中から潜在する危険源を見つけていく「チェックリスト法」が有効であり、そのためのチェックリストがリスクアセスメントの原則を定めた ISO 14121 附属書 A に紹介されている。

4.1 項では、本章が目的とする具体的な危険源の情報を捕捉するため、危険源と危険状態が示す内容とその違いに関する概要を示す。

4.1.1　危険源と危険状態

“危険源(hazard)”は、危害を引き起こす潜在的な根源であり、“危険状態(hazard situation)”は、人が危険源に暴露されている状態と、ISO 12100-1 では定義している。従って「せん断」は“危険源”となる。そしてこの危険源に作業者が晒され、手指を「せん断」する可能性が考えられる場合、その状況を明らかにしなければならない。この時の危険な状態にある状況(誰が、どのような時、何をする等)が“危険状態”に相当する。例えば“食材滞留時に機械を止めずに手で行う調整”といった作業者のアクセスである。

しかし、すでに規格に従ったガードや制御上の方策を採っている機械の場合は、このようにはならない。なぜならすでに規格に基づくガードによって、食材滞留時に作業者の手が危険源にアクセスできない構造が前提であり、**ガードが正常である限り**、危害は生じないからである。アセスメントを実施する作業者は、「規格に基づくインタロック付きガードがある状態で、どのような時にガードの機能が無効化され作業者は危険源に晒されるのか？」、すなわち“危険源から作業者をガードする機能が正常でなくなる時”を検討しなければならない。そのような事態を引き起こす故障モードに“老巧化による制御回路の短絡”、“リミットスイッチの位置ずれ”等が考えられるならば、これらの状態や状況を“危険源”

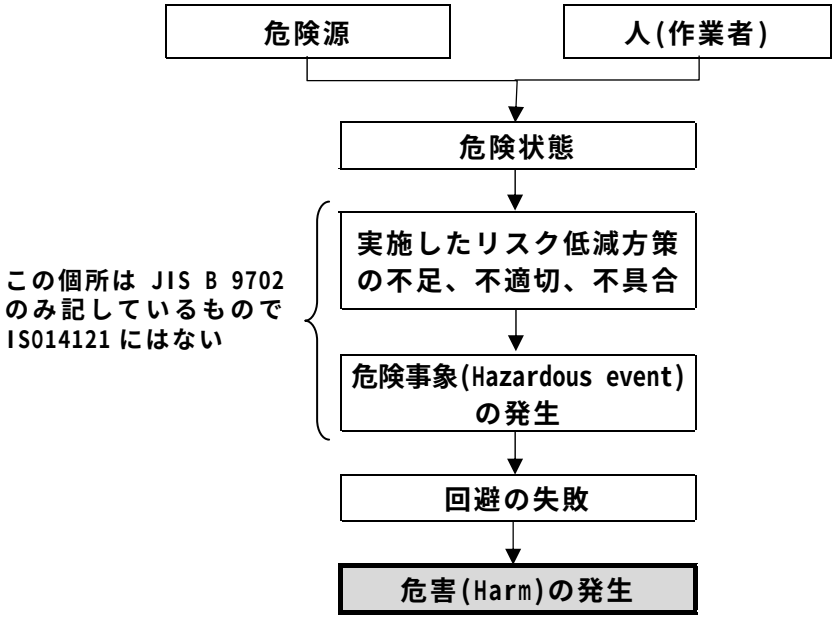
にしなければならない。この危険源はISO 14121の危険源リスト10.(予期しない始動､等)、14.(制御回路の故障)や16.(運転中の破壊)等が該当する。そしてこのような危険源がある時に、作業者が“食材滞留時の手による調整”を行うと危害が生じる可能性があるのである[1)] **(図表 4.1-1 参照)**。

通常、機械類の安全性に関するISO/IECが想定する危険源は、作業者が身体的な傷害を受ける恐れのある危害の元を指し、それらは「エネルギ」「物質」「情報」に大別することもできる[2)] **(図表 4.1-2 参照)**。しかし、食品機械は作業者の身体的な傷害を負うリスクだけでなく、機械装置によって生産する食品を食す消費者の健康に対する「衛生リスク」も考慮しなければならない**(ISO 14159 参照)**ので、ISO 14121 が記載する危険源チェックリストの項目に「衛生リスク」をもたらす危険源を別途追加しなければならない。

衛生リスクに関する危険源についてCodexは、「食品衛生の一般原則」の中で、HACCPに基づくアプローチの際に分析を行わなければならない危険源として“生物学的”“化学的”“物理的”な因子をあげている。食品機械が考慮しなければならない衛生リスクは、Codexの HACCP同様､“生物学的”“化学的”“物理的”な危害をもたらす因子について見積もらなければならず、衛生リスクのアセスメントは、使用者が検討を行うHACCPシステムの基本7原則とほぼ近い内容になる。なお、食品機械の操作中に飛散する材料の粉体や、臭い、発酵食品から揮発するガス、微生物、等の付着・吸引により引き起こされる中毒やアレルギー等の危害は、作業者が危害を負う危険源であるので､「衛生リスク」には含まない。衛生リスクとその対応については、専用の手引き書を別途作成し、詳細はそちらで示す予定である。

注 1)　JIS B 9702(ISO14121) 解説を参照

注 2)　引用「国際規格対応　安全な機械の設計」A.ﾉｲﾄﾞﾙﾌｧ著　(発行：安全工学研究所)



図表 4.1-1　危険源から危害に至るプロセス(JIS B 9702)

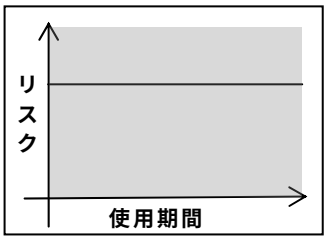
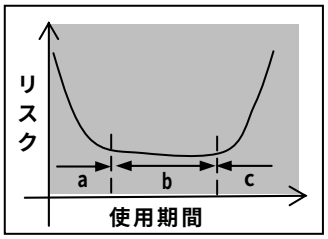
大分類	大分類が含む危険源	さらに詳細に分けた危険源、又は内容
エネルギ	機械的危険源	・押しつぶし　・せん断 ・切り傷　・巻き込み ・打撲　・こすれ
	電気的危険源	・充電部への接触(感電) ・静電気現象 ・放電
	熱的危険源	・極度の高低温物体への接触 ・爆発 ・熱源からの放射による火傷
	騒音・振動から生じる危険源	・聴力喪失 ・平衡感覚、意識の喪失 ・神経や血管の障害 ・劣悪な姿勢と組み合わさった全身振動
物　質	構造的な危険源	・突出部やバリのある形状 ・不適切な機械強度 ・不安定な形状
	不自然な構造による危険源	・作業時の不自然な姿勢 ・作業中に求める人間工学的に不自然な手足の作業
	経年劣化等による物質的な破壊	・制御回路の断線 ・構造的な壊れ(部品の折れ、曲がり、摩耗)
	機械からの放出による危険源	・放出される液体、気体、粉塵との接触、吸い込みから起こる危険源 ・微生物から生じる危険源
情　報	視聴覚表示装置の不適切な設計	・情報伝達の誤り ・作業位置からの低い視認性
	不適切な局部照明	・光強度の不具合 ・光の色
	手動制御器の不適切な設計	・誤解を生む配置による誤操作 ・省略行動の誘因 ・保護装置の意図的な無効化

図表 4.1-2　危険源の分類例

4.1.2　リスク変動による危険源の分類

4.1.1 項において、手のせん断を負う危険源について、ガードがない状態とある状態で危険状態が異なることを示した。このように危険状態は、「常に作業者が危険源にアクセスできる状態となっている」ものと、「ある故障モードが生じたときに突然危険源にアクセスできる状態となる」ものの二種類がある。

以上のことから危険源は、常に危害が生じるリスクが一定である「確定的」なもの、そして機械を構成する部品や、リスク低減をはかる保護方策等の故障により突然危害が生じる可能性が跳ね上がる「偶発的」なものに分けることができる。それぞれの特徴は**図表 4.1-3** 参照。

	ライフサイクルにおけるリスクの変動	危険源の例		
		エネルギ	物　質	情　報
リスクが確定的な危険源	 設計時に認めた残留リスクは、廃棄するまでそのまま継続する。	・エネルギ伝達部への巻き込まれ、 ・駆動部への挟まれ、せん断、切れ、こすれ ・むき出しの充電部 ・可動部への衝突 ・極端な冷熱への接触 ・騒音、振動	・角部への衝突 ・突起部への引っ掛け、つまずき ・不安定な重心 ・人間工学的に不適切な重量物の移動 ・作業者に人間工学的に不自然な動作を要求する構造 ・開口部の寸法不良	・危険ゾーンを十分に視認できない制御位置 ・内容が理解できない取扱説明書、表示 ・誤解を生じる制御機器の配置と色 ・安全性のレベルと一致しない情報
リスクが変動する偶発的な危険源	 リスクは機器の故障率に伴い変動する。故障率は一般的な機器が示すバスタブ曲線によって表している。 **a**：初期故障期間－設計製造の欠陥により使用開始とともに劣化、故障する期間 **b**：偶発故障期間－ごく希にしか故障が生じない安定した期間 **c**：摩耗故障期間－時間の経過と共に部品等へ蓄積される摩耗や劣化により故障が増加する期間	・エネルギ伝動部の破損 ・制御回路の短絡、断線 ・検出機器の安全確認機能の消失 ・液空圧系の圧漏れ ・想定以上の高エネルギ使用による破損	・高分子材料の劣化(防水型エンクロージャのシール) ・構造の変形 ・脆弱性破壊(カムやリミットスイッチ類の破損) ・金属疲労(重量物をつり下げるチェーンのちぎれ) ・腐食 ・絶縁体の劣化、破損	・取扱説明書の劣化 ・機器に貼り付けた警告や指示情報の剥がれ、紛失 ・断線などによる光や音による情報伝達の消失

図表 4.1-3　ライフサイクルにおけるリスク変動による危険源の分類

4.2　危険源の概要

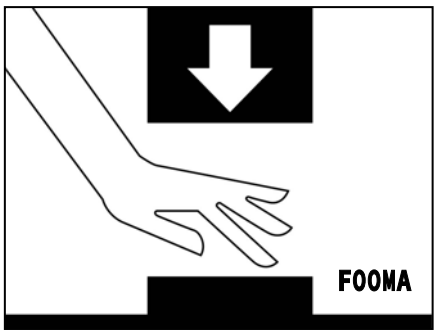
ここでは食品機械に関連する主な危険源の概要、および具体的な例を以下にあげる。

4.2.1　機械的な危険源

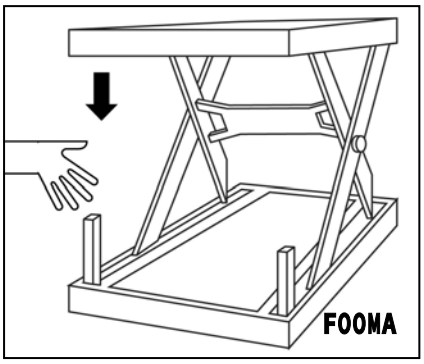
機械的な危険源とは、機械の形状、可動部が作業中に得る位置エネルギ、機械の質量・安定性等の機械の構造自体に潜在するものの他、機械可動部の各種運動により生じるものを指す。

4.2.1.1　押しつぶしの危険源

押しつぶしは、二つの部品がお互いに向かって動く時、あるいは固定された面にある部品が向かって動く個所を指す。これらの運動は、二つの部品が特定の隙間を空けて停止する場合でも、その隙間の寸法が人体各部の最小隙間より小さいと、押しつぶされる。



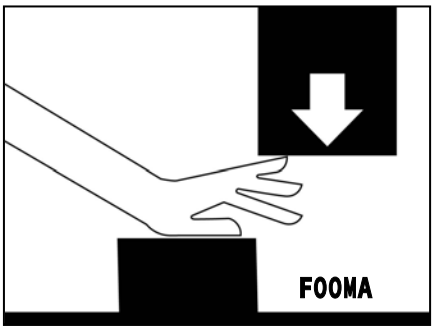
図表 4.2-1　押しつぶしの危険源



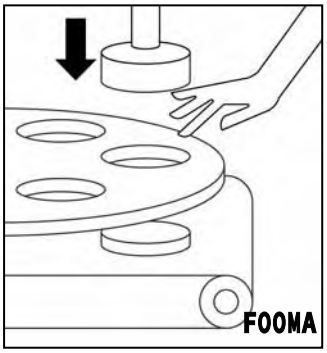
図表 4.2-2　昇降部における
押しつぶしの危険源

4.2.1.2　せん断の危険源

二つの部品が対向して動くとき、その力の方向に対して直角に働く力による。切断よりも被害者に与えるダメージは大きい。



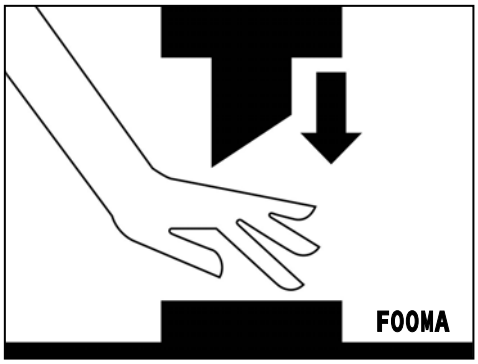
図表 4.2-3　せん断の危険源



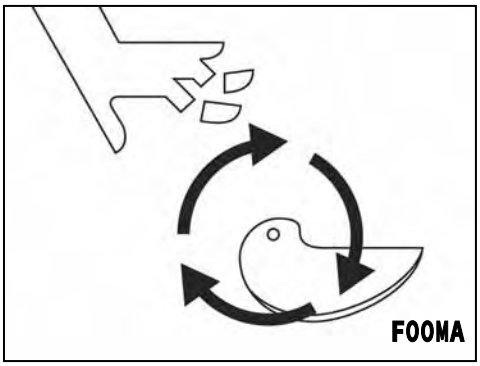
図表 4.2-4　型抜きにおける
せん断の危険源

4.2.1.3　切り傷・切断の危険源

切傷・切断は、主に刃物への接触により生じる。また、動いている身体が突出した先端や鋭利な角部、機械表面・ガード等のバリへ接触することでも同様の傷害が発生する。



図表 4.2-5　切断の危険源

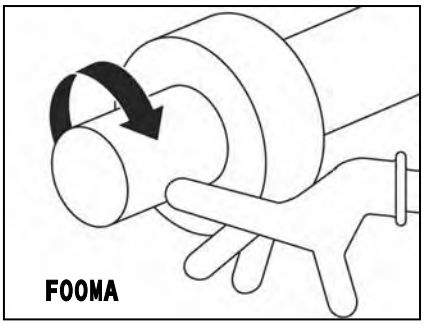


図表 4.2-6　切刃部における切断の危険源

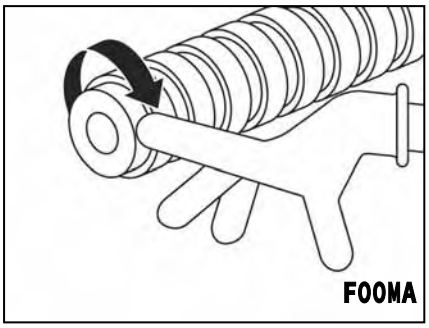
4.2.1.4　巻き込みの危険源

巻き込みは、手指や髪の毛といった身体の一部だけでなく、作業着や手袋、ネクタイ、前掛け等の保護具といったものが機械の作動部にからみとられることにより生じる。巻き込みは速度が小さくても生じる場合がある。

(1) 単一の回転面への巻き込み

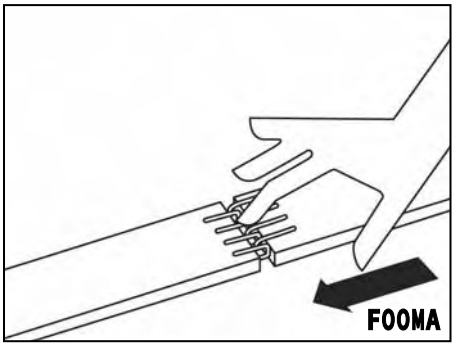


図表 4.2-7　回転部における巻き込みの危険源

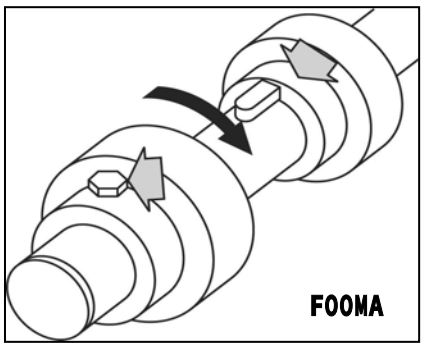


図表 4.2-8 回転部における巻き込みの危険源

(2) 突起部や隙間への引っかかりや絡まりによる巻き込み

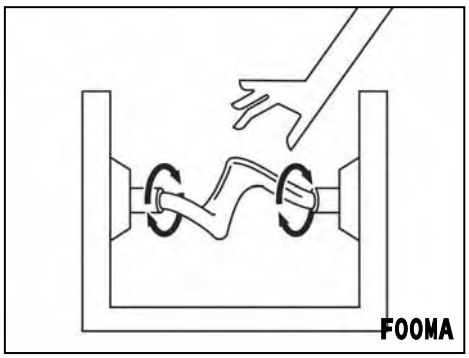


図表 4.2-9 突起部への捕らわれによる巻き込みの危険源

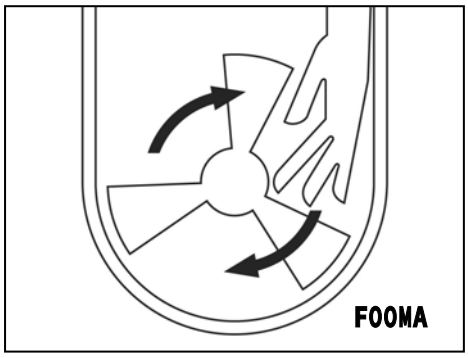


図表 4.2-10 突起部への捕らわれによる巻き込みの危険源

(3) 回転部と固定部による巻き込み



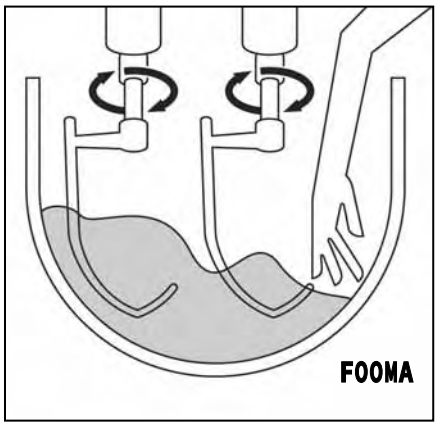
図表 4.2-11 巻き込みの危険源
(容器と攪拌部)



図表 4.2-12 巻き込みの危険源
(容器と羽根部　例：ｽｸﾘｭｰｺﾝﾍﾞｱ)

(6) 動いている材料による巻き込み

機械の攪拌工程で、回転している材料に体の一部や衣服がからまり巻き込まれる現象。

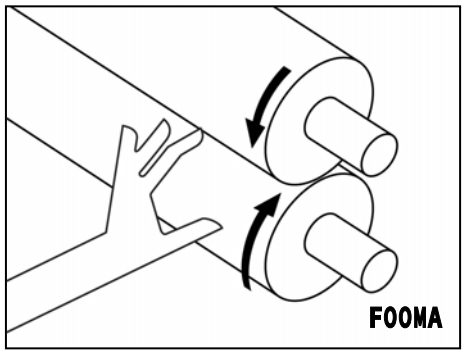


図表 4.2-13 巻き込みの危険源
(回転する材料)

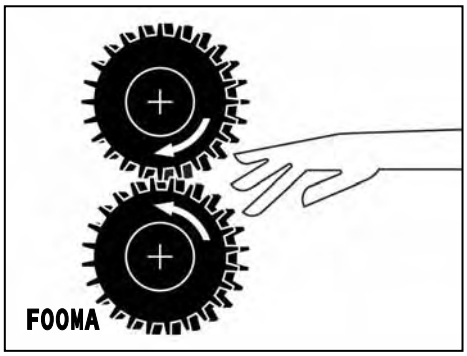
4.2.1.5　引き込み・捕捉の危険源(噛み込み、巻き込み)

引き込みは、反対方向に回転する二つの部品などの可動部に、身体の一部又は衣服が引き込まれたり、あるいは噛み込まれたりする事象を指す。捕捉は引き込みや巻き込みにより身体の一部や衣服が捉えられ、引き出すことができなくなる現象を指す。巻き込みに分類することもある。

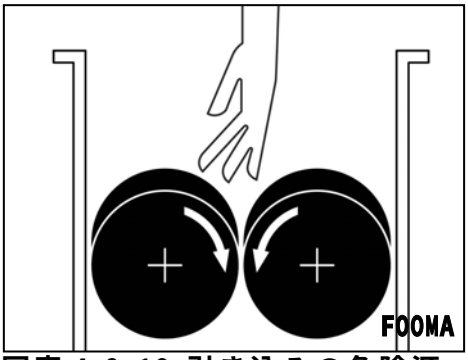
(1) 二つの向かい合わせに回転する回転部への引き込み(噛み込み、巻き込み)



図表 4.2-14 引き込みの危険源
(ローラ部)

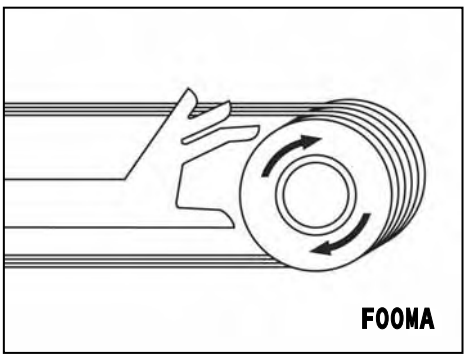


図表 4.2-15 引き込みの危険源
(ギア部)

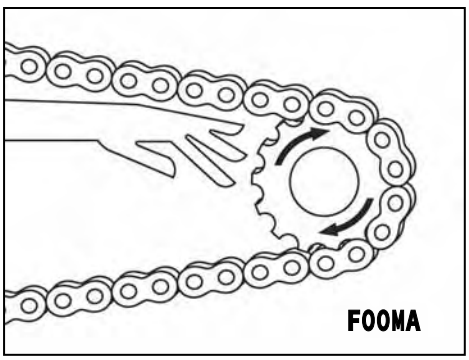


図表 4.2-16 引き込みの危険源
(ホッパのローラ部)

(2) 回転部と直線運動部による引き込み(巻き込み)



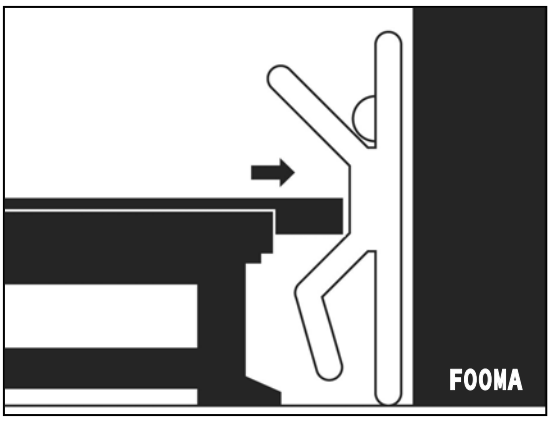
図表 4.2-17 引き込みの危険源
(ベルトとプーリ部)



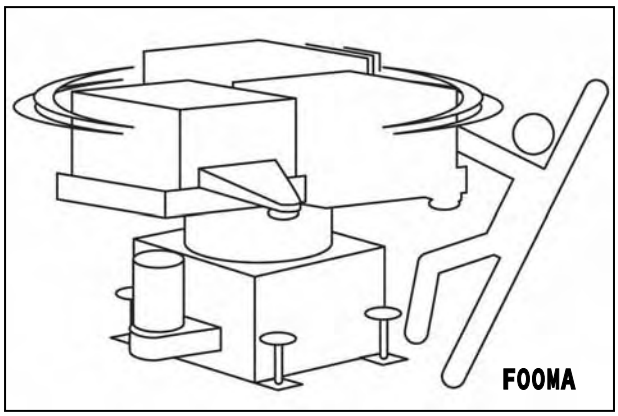
図表 4.2-18 引き込みの危険源
(チェーンとスプロケット部)

4.2.1.6　衝撃・打撲の危険源

衝撃・打撲は、貫通しない機械可動部が人にぶつかるか、作業エリアにある不自然な機械の突出部に作業者がぶつかることによって生じる。質量のある可動部の衝突には、注意が必要である。



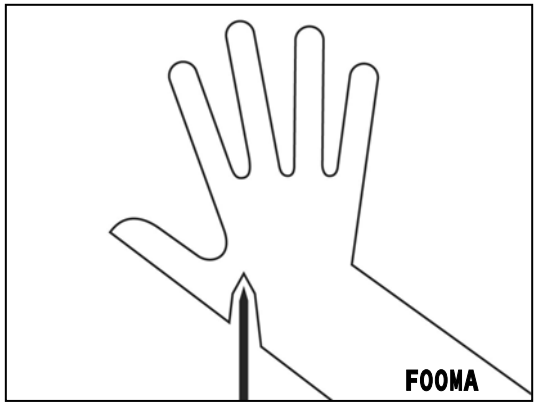
図表 4.2-19 打撲の危険源
(往復運動部)



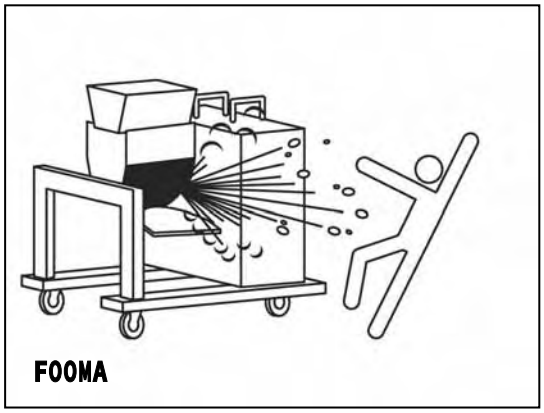
図表 4.2-20 打撲の危険源
(運動部)

4.2.1.7　突き刺し、突き通しの危険源

突き刺しは、先端の尖った機械の一部等が身体に突き刺さることを指す。また、突き通しは、機械の一部または加工品が完全に身体を貫通する危険を示す。この危険源は機械だけでなく、加工中の物体の破片、又は粒子が高速で飛び出すような場合も危険源となる可能性がある。



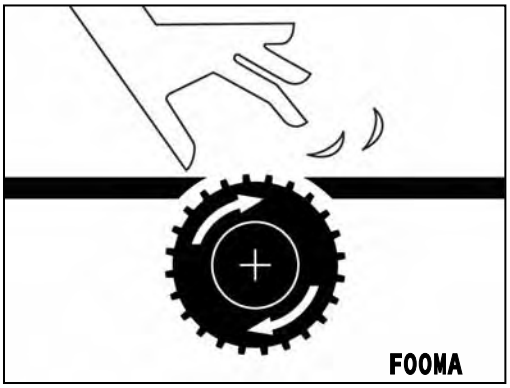
図表 4.2-21 突き刺しの危険源
(尖った先端)



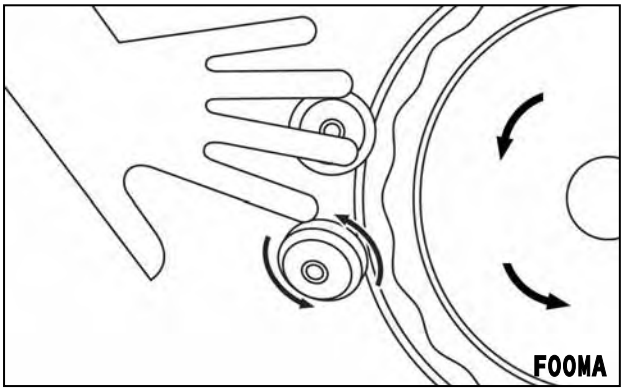
図表 4.2-22 突き刺しの危険源
(高速粒子の飛び出し)

4.2.1.8　こすれ、擦りむきの危険源

擦りむきは、切り傷を負う危険源と近く、程度の差で分けている。こすれは高速で動いている部分との接触により生じる可能性が高い。主な発生源は、砥石の周辺、研磨機、ベルト、プーリ等がある。



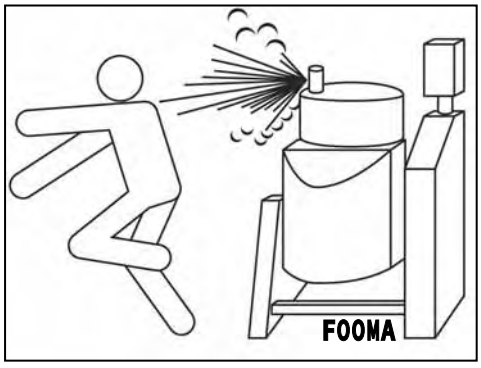
図表 4.2-23 擦りむきの危険源
(ピーラー高速回転部)



図表 4.2-24 擦りむきの危険源
(砥石部)

4.2.1.9　高圧流体の噴出による危険源

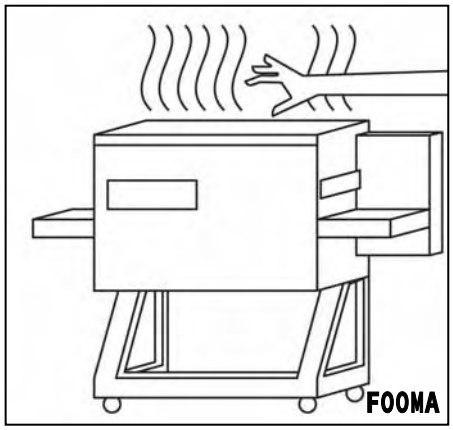
高圧流体の噴出は、人体に押しつぶしと同様の損傷を与える可能性がある。この例として、高圧容器、圧縮空気ジェット、その他蒸気安全弁の吐出部等がある。



図表 4.2-25 噴出の危険源
(高圧蒸気噴き出し口)

4.2.1.10　高低温部による危険源

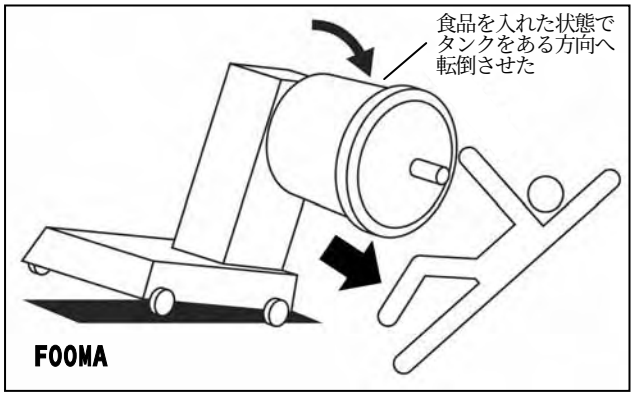
高低温部への接触は、火傷を負う可能性がある。50℃付近の熱であっても、作業者が 10 分以上接触し続けることにより火傷を負うことがある。



図表 4.2-26 高温の危険源
(高温部)

4.2.1.11　運転中の機械設備の転倒による危険源

食品等を積載した状態における機械の重心位置が不適切だと、作業中に転倒し、打撲、押しつぶし、火傷等様々な危害を引き起こす可能性がある。



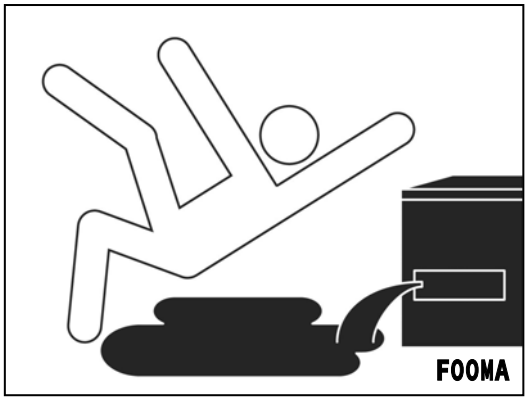
図表 4.2-27 転倒の危険源
(ある条件が重なった時転倒する)

4.2.1.12　質量、安定性(位置エネルギー)による危険源

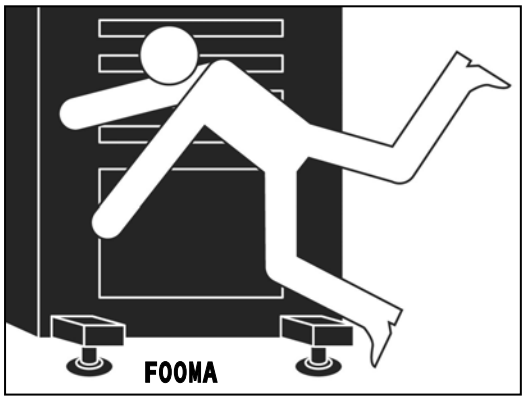
機械装置の運動部の力が大きい場合や、上下運動する部位は、それぞれが持つエネルギにより押しつぶし、打撲、等の危害を引き起こす可能性がある。

4.2.1.13　すべり、つまずき、転落による危険源

食品機械は、洗浄水による周辺の濡れ、流体加工物のこぼれ、粉体の飛び散り等が通常の使用で予見される。このような環境は作業者の転倒を誘発しやすい。



図表 4.2-28 転倒の危険源(すべり)
(歩行域への液体や粉体の付着)



図表 4.2-29 つまずきの危険源
(歩行域への突出部)

4.2.1.14　火災・爆発

可燃性ガスの漏れや、点火・排気不良による機械内への充満。あるいは微細な粉塵の排出、不適切な設置などは爆発や火災を引き起こす原因となる。火災や爆発は、人体だけでなく設備・施設に対しても甚大な危害を及ぼす。

4.2.2　食品機械のエミッションに関する主な危険源

4.2.2.1　熱(放出される高低温)による危険源

食品の製造過程で放出される熱エネルギや、製造工程により製造環境が常温と異なる高温あるいは低温環境となる時、作業者の判断力、集中力、及び制御機器に影響を及ぼすことがある。

4.2.2.2　騒音による危険源

騒音環境下における長期間に渡る作業は、難聴、耳鳴り、頭痛等を引き起こす。

4.2.2.3　振動による危険源

振動環境下における長期間に渡る作業は作業者へ不快感を与え、場合によっては血管障害や神経学的な傷害をもたらす可能性がある。

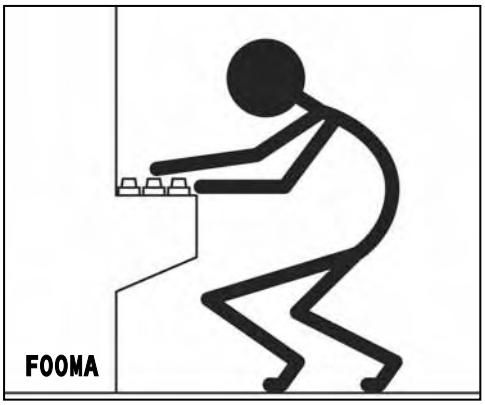
4.2.2.4　材料や物質の飛び散りによる危険源

生産・加工時に排出される材料や物質は、吸引や付着による危険を引き起こすだけでなく、火災等の原因にもなる。

4.2.3　食品機械の人間工学的な主な危険源

4.2.3.1　不自然な姿勢による危険源

不自然な作業姿勢でなければ作業できない個所は、作業者の身体並びに精神へ余分な負担を強いることになり、心理・生理的な影響を及ぼす可能性がある。例：ストレスによるヒューマンエラーの増大など。



図表 4.2-30 不自然な姿勢による危険源(不自然な姿勢での操作を求めるアクチュエータ、計器類の配置)

4.2.3.2　心理・生理的な影響に関する危険源

危害を防止するために機械的駆動部の速度を落とすことは、大変有効な手段である。しかし、時によって機械的駆動部の速度を遅くしたことにより、不具合が生じた際に駆動部へ手を入れても危害を回避できるかのような錯覚を与える、あるいはつい、衝動的に手を出したくなる心理状態を作りだしてしまうことがある。

このように作業者が誤解し、過度の安心感を抱いてしまう構造や動きは、作業者の省略行動や機械を止めたくない感情を誘発し、危害を発生させてしまう恐れがある。また、手動制御機器(アクチュエータ)によってエネルギ増減等の操作を作業者へ求めるとき、社会的な通念と異なる操作や、間違えやすいボタン等の配置も、とっさの事態において、押し間違いなどのヒューマンエラーを招く可能性が高い。

4.2.4　食品機械の設置環境による主な危険源

4.2.4.1　設置場所の気圧に関する危険源

食品を加工する工程には加熱や加圧を必要とするものが多い。設置環境の気圧を考慮しない機械は、製品の品質だけでなく、機械的な故障などを招く可能性がある。

4.2.4.2　設置場所の温度・湿度に関する危険源

4.2.2.1 熱(放出される高低温)による危険源と合わせて検討しなければならない事項。制御機器内に結露などをもたらす可能性がある。

4.2.4.3　設置場所の振動による危険源

4.2.2.3 振動による危険源と合わせて検討を行わなければならない事項。また、機械設備の制御系及び計測系に影響を与える可能性がある。

4.2.4.4　設置場所の電磁波による危険源

長期間を経て、遺伝上の影響が表れる場合がある。また、制御系が影響を受け、誤作動を生じる可能性がある。

4.2.4.5　その他の設置環境に関する危険源

設置環境に落雷、風、雨、雪等が予見できる場合、これらの危険源について配慮しなければならない。

第 5 章

リスク低減方策利用の手引き【機械安全】

本章は、数百もの規格から構成される機械安全規格体系の中から、食品産業に携わる技術者が参照を必要とする規格を容易に探し出し、食品産業において ISO/JIS 規格の利用を一層促進することを目的とする手引きである。

ISO 12100 が定める安全化のための各種方策の多くは、方策ごとに単独の規格として制定されている。本章では、安全方策のうち、食品機械の設計において最も利用頻度が高いと考えられる規格の概要、具体的な実施例、そして関連するその他の規格といった情報をまとめた。これらの情報は、設計者が必要な規格を探す作業を助けるためのものである。規格が示す全ての要求事項は含めていないので、安全方策を講じる際には、必ず規格原本を参照しなければならない。

本章の利用は「参考資料」としての活用に限定される。

作業者にとって安全であり、そして衛生的な製品を製造する機械を設計するための基本原則を定めた規格がISO 12100 である。この規格は、安全・衛生に関わる全てのハザードを“受認限度内リスク(ALARP領域)[1)]”の範囲で、目標とするレベルまでリスクを低減するための一般原則を示している。この原則は、大きく分けて「リスク低減手順」「リスク低減方策」によって構成されている[2)]。

リスク低減に用いる各種方策には、「客観的かつ、検証可能な科学的根拠」が必要であるが、各企業が全ての安全方策についてこのようなデータを集めることは現実的ではない。そのため、企業(設計者)が引用することによって、自ら採用した方策の科学的根拠を実証することを行わなくて済むよう、リスク低減に使用できる安全方策を定めた数々の規格が整備されつつある。それが一連の「機械安全規格」である。

機械安全規格には数百種類の規格があり、それらは全て関連し合っている。そのため、機械安全に関するすべての規格を把握することは少々困難である。また、設計者が設計時に参照したい時、必要な規格を検索する手段は限られている。例えば ISO や JIS 規格カタログは、全ての機械安全に関する規格が一つのグループとしてまとまっていないことや、規格のタイトルから規格が扱う範囲が把握できない等の理由により、即座に知るための手段として最適とは言えない。このように、設計者が知りたい規格をただちに調べることが容易でないことが、規格に基づいた安全衛生対策の普及を妨げる一つの要因と考えられる。

そこで、本章では必要な規格を即座に検索するためのツールとして、ISO 12100-1 が示す 3 ステップに従い、食品機械の設計に関連する主な安全方策を定めた規格 No、名称、関連規格、要求事項の概要、そしてそれら方策に関するイメージ例を取りまとめた。ISO 14121、附属書 A のリスト等を用いて危険源同定を行い、リスク低減に有効な方策と関連規格を探す際、本章を規格検索の手引きとして使用することができる。

第 5 章を構成する主な項は次の通りである。

(1) 本質的安全設計－機械要素的方策（5.1 参照）
(2) 本質的安全設計－人間工学的方策（5.2 参照）
(3) 安全防護・付加保護方策－保護方策の選択（5.3 参照）
(4) 安全防護・付加保護方策－保護ガード（5.4 参照）
(5) 安全防護・付加保護方策－エミッションの低減（5.5 参照）
(6) 安全防護・付加保護方策－その他の保護方策（5.6 参照）
(7) 附属書 1　食品機械の安全・衛生設計に関係する主な規格[3)]
(8) 附属書 2　危険源に対応する保護方策要求事項
(9) 附属書 3　危険源に対応する保護方策

注 1)　受認限度内リスクについては 3.1.2(2) 参照
注 2)　機械安全規格の構成、リスク低減手順については 3.2 参照
注 3)　この資料は 5 章で紹介する ISO 規格を中心に一覧としたもので、対応する JIS や EN の番号も参考に併記している。

5.1　本質的安全設計－機械要素的方策

機械の安全設計に取り組む場合、**ISO 12100-1 5.5** の規定、“ステップ **1**　本質的安全設計”によるリスク低減を最も優先しなければならない[1)]。

DIN(ドイツ国家規格**)**や **BG(**ドイツ労働障害保険組合**)**の規格では、“幾何学的形状”“エネルギの制限・遮断”等、ライフサイクルにおける故障による安全機能の喪失が生じない安全方策を「直接的安全技術」とし、それ以外のガードや機械的制御による安全方策を「間接的安全技術」として分類している。

「間接的安全技術」は、経年劣化や故障等の原因により確率的に安全機能喪失が考えられるため、「直接的安全技術」は最も優先的に採用すべき方策としている。本質的安全設計”はライフサイクルの期間に渡って機能喪失が生じることがなく、リスクレベルが何かのきっかけで突如急上昇するようなことはない。しかし、**ISO 12100** が定める本質的安全設計は、直接的な安全技術である「装置の幾何学的構造」の他に間接的な安全技術に含まれる「制御システム」「人間工学的原則」など、幾つかの要求項目を含めている。ここでは、**ISO 12100** の構成に従い、機械要素的な本質安全設計として、以下の事項について記載する。

(1) 安全に配慮した幾何学的形状、保全性（5.1.1 参照）
(2) 安全に配慮した物理的側面(5.1.2 参照)
(3) ポジティブな機械的作用原理の適用(5.1.3 参照)
(4) 安定性(5.1.4 参照)
(5) 感電保護(5.1.5 参照)
(6) 空液圧に対する保護（5.1.6 参照）
(7) ハザードへの暴露機会の制限（5.1.7 参照）
(8) 始動、起動、停止（5.1.8 参照）
(9) 設置環境を考慮した設計（5.1.9 参照）

注 1)　本質的安全設計については 3.2.4(1)参照

5.1.1　安全に配慮した幾何学的形状、保全性

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.2.1、4.7
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則

□ISO 13852:1996〔JIS B 9707〕
機械類の安全性－危険区域に上肢が到達することを防止するための安全距離

□ISO 13853:1998〔JIS B 9708〕
機械類の安全性－危険区域に下肢が到達することを防止するための安全距離

□ISO 13854:1996〔JIS B 9711〕
機械類の安全性－人体の一部が挟まれない最小隙間

□EN 547-1:1997 〔JIS － 〕
機械の安全性－人体の寸法－第 1 部：機械内部に全身がアクセスできるだけの開口部の必要寸法の決定原則

□EN 547-2:1997 〔JIS － 〕
第 2 部：アクセス用開口部の必要寸法の決定原則

□EN 547-3:1997 〔JIS － 〕
第 3 部：人体測定データ

5.1.1.1　安全に配慮した幾何学的形状に関する一般要求(ISO 12100-2 4.2.1)

(1) 制御操作位置から直接「危険ゾーン[1)]」「注意ゾーン[1)]」を見ることができる視認性が最大となる形状とする。不可能な場合、鏡等を用いて間接的な手段を講じる。

(2) 制御位置からオペレータが「危険ゾーン」に人がいないことを確認できる構造とする。

(3) “押しつぶし”や“せん断”等の危険を回避するために、最小隙間や距離[2)]を考慮する。

(4) 鋭利な端部、角部、突出部を回避する。

(5) 制御部や保守メンテナンス部等の全ての作業位置へは、容易に接近できる構造とする。人体寸法については EN 547 シリーズを参照。

注 1)「食品機械の取扱説明書作成ガイドライン」4.9 参照

注 2) 安全距離、最小隙間については 5.2.5～5.2.7 参照

5.1.1.2　制御操作位置からの視認性

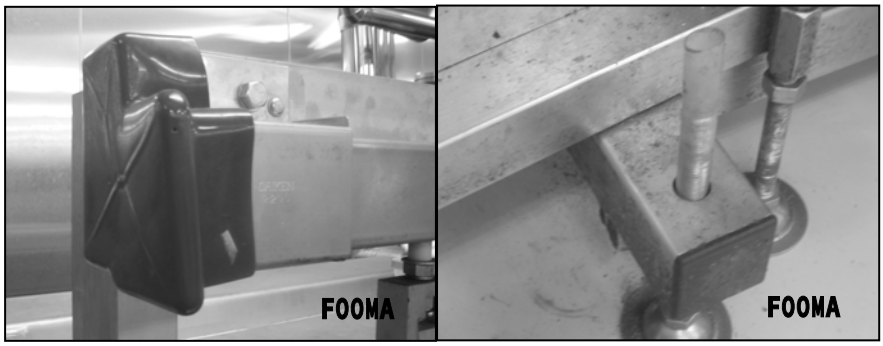
「危険ゾーン」や「注意ゾーン」において保守や点検等の作業中に他の作業者が機械を始動させることにより、重大な事故が生じる恐れがある。このようなリスクを回避するため、機械の制御を行うオペレータから、リスクアセスメントにより明らかにした「危険ゾーン」や「注意ゾーン」を直接視認できるような構造とする。

構造上、どうしても操作盤から「危険ゾーン」や「注意ゾーン」を直接視認できない場合は、鏡等を用いることを検討する。ただしこの場合、鏡が見えなくなることがないよう、十分に検証する必要がある**(図表 5.1-1 参照)**。

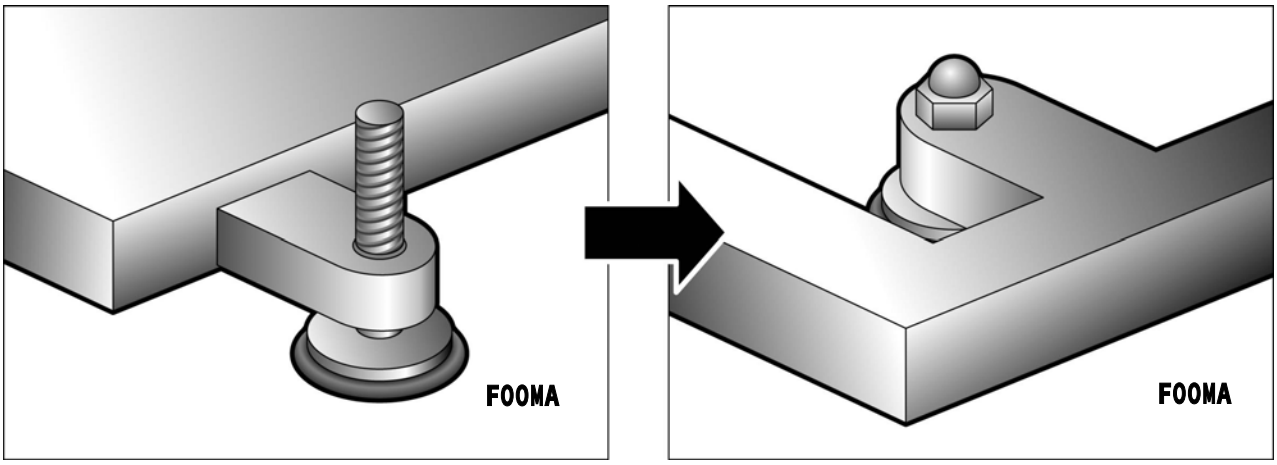
図表 5.1-1　鏡を用いて操作盤から作業領域等を確認できるようにした例
（協力：㈱武蔵野）

5.1.1.3　鋭利な端部、角部、突出部等のない構造

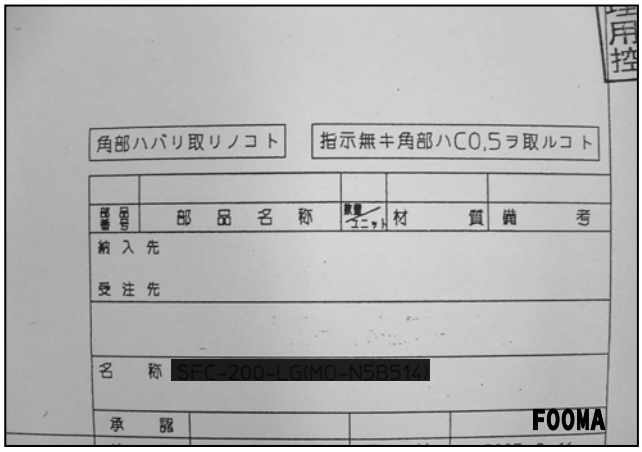
作業者が近づく可能性のあるあらゆる箇所は、鋭利な端部やとがった角、突出した部分、バリ等がない構造とする。不可能な場合は保護カバーを設ける**(図表 5.1-2、-3、-4、-5 参照)**。



図表 5.1-2 角部や突出部に保護カバーを付けた構造
（協力：㈱武蔵野）

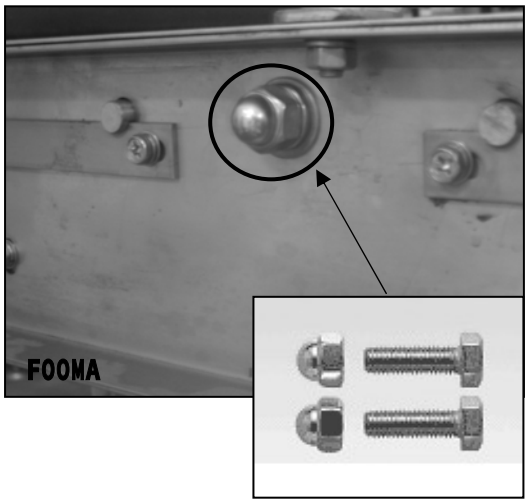


図表 5.1-3　突出した端部をなくした構造



備考：作業仕様書を作成し、バリ取り作業を明確に指示している例。布手袋を着用し、表面の確認を行っている。

図表 5.1-4　バリ取りの指示書



図表 5.1-5　ネジ部に袋ナットを用いて端部によるリスク低減をはかった例（協力：㈱武蔵野）

5.1.1.5　作業位置に容易に接近できる構造

機械の操作、保守・点検等、作業者が機械のライフサイクルの期間中に、通常作業を行う必要がある場所は、不自然な姿勢を極力取ることなく人体データ[1)] に基づき、容易に接近できる構造とする。

注 1)　人体データ：5.2.8 参照

5.1.2　安全に配慮した物理的側面

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.2.2
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則

□ISO 2631-1:1997　〔JIS B 7760-2〕
機械振動及び衝撃－全身振動に暴露される人体の評価－第 1 部：一般要求事項

□ISO 2631-2:2003　〔JIS －〕
機械振動及び衝撃－人体の全身振動暴露の評価－第 2 部：建物内の振動(1 Hz～ 80 Hz)

□ISO/TR 11688-1:1995
音響学－低騒音機械及び機器の設計の推奨手順－第 1 部：計画

□ISO/TR 11688-2:1998
音響学－低騒音機械及び機器の設計の推奨手順－第 2 部：低騒音設計の物理学の概要

5.1.2.1　安全に配慮した物理的側面に関する一般要求(ISO 12100-2 4.2.2)

(1) 機械の作動部に指などを挟んだときに、せん断や骨折をしないよう、作動力は必要最小限に制限する。

(2) 可動部が身体に衝突し、打撲や骨折をしないよう、質量及び速度は必要最小限に制限する。

(3) 騒音が可能な限り小さくなるよう、音源を制限する。

(4) 振動が可能な限り小さくなるよう、質量の追加、運動の振動数、及び振幅の変更などを検討する。

備考 1：振動、騒音からの保護に関する方策については 5.5 参照
備考 2：図表 5.1-6 は、物理的な側面から安全を考慮した例

図表 5.1-6　扉を軽量化し、縁に衝撃吸収材を付けて危害の大きさを低減させた例
（協力：㈱武蔵野）

5.1.3　ポジティブな機械的作用原理の適用

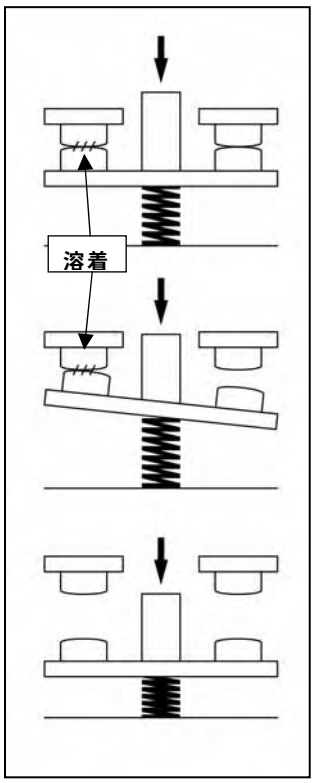
関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.5
　機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則
□ISO 14119:1999 〔JIS B 9710 予定〕 5.
　機械類の安全性－ガードインタロック装置－設計及び選択のための原則
□IEC 60204-1〔JIS B 9960-1〕 10.1.4
　機械類の安全性－機械の電気装置－第 1 部：一般要求事項

5.1.3.1　ポジティブな機械的結合(ISO 12100-2 4.5)

ポジティブな機械的結合とは、動かすことができる機械的構成部分が直接接触、または剛性要素を通じて他の機械的構成品に作用するような結合を指す。ポジティブな機械結合は「強制開離型」とも呼ばれ、特に作業者を保護するためのガードや扉の位置を検出するためのスイッチ類に作用する機械部分に適用しなければならない。

電気接点に関する故障モードで、接点の溶着やスイッチを構成するバネの切断等による不具合は特に注意しなければならない。ガードが閉じている時、作業者の「安全状態」を示す信号 1 が発信されるシステムの場合、前記の不具合によりガードを開けても作業者の「安全状態」を示す信号 1 が発信され続けてしまうと重大な事故を招くリスクが非常に高い。従って、ガードを開放した際、ガードを開放する力を利用して強制的に電気接点を開離させ、「安全ではない状態」を示す信号 0 を発信する構造の安全性は高いと見なされる**(図表 5.1-7)**。



図表 5.1-7 ポジティブ結合における強制開離機構

この特性はシーケンス制御において良く利用する 2 値の論理式で表すことができる。使用者が保護方策に関する要求を機械メーカへ伝える際、あるいは機械メーカの技術者の間で保護方策を論ずる際、このような式を用いることにより、長い説明を用いなくても的確に情報を伝えることができる利点がある。ここではポジティブな機械的結合を採用したシステムについて単純に二つの論理変数を用いて例示する。

ポジティブな機械的結合には力が必ず伝達される構造が不可欠であるので、**式 5-1** の条件が求められる。しかし、故障モードを一切認めない装置を開発することは困難であるの

で、ドアを開けないのに電気接点が OFF になる安全側の故障モードの発生は、安全上認めることができる**(式 5-2 参照)**。各論理変数とその定義、ポジティブ結合を示す単調な論理的関係は以下の通り。

〔論理変数とその関係〕

・ドアを開けるために加える力の有無：D_F**(**D_F**＝1** ドア開の力有、 D_F**＝0** ドア開の力無**)**

・電気接点を **OFF** にする時接点に働く作用力：**Coff(Coff＝1** 作用力有、 **Coff＝0** 作用力無**)**

$$Coff = D_F \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{式 5-1}\ ^{1)}$$

$$Coff \leqq D_F \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{式 5-2}\ ^{1)}$$

注 1)「安全基礎工学ノート(長岡技術科学大学　発行)」蓬原弘一　より引用

また、二つの論理変数**(Coff**、D_F**)**によって生じる可能性のある全ての状態と、**式 5-2** への適合の可否、動作状態等を**図表 5.1-8** に一覧として示す。また、プランジャとカムを用いたインタロックシステムを例にこの条件**(Coff＝**D_F**)**を満たすポジティブ結合と、条件に適合しないネガティブ結合の違いを**図表 5.1-9** に示す。

図表 5.1-10、-11、-12、-13 はポジティブ結合を用いた代表的な例である。

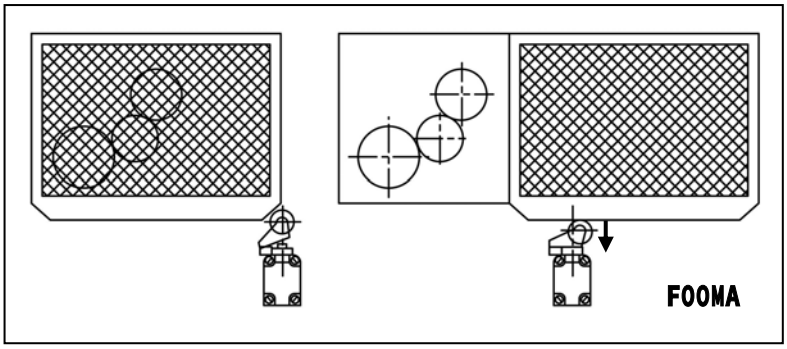
備考：ポジティブ結合の関連事項については 5.4.3 参照

Coff	D_F	CoffとD_Fの関係	動作状態	許容される状態	各論理値が示す状態の説明
0	0	$Coff = D_F$	正常	許容される	電気接点を OFF にするための作用力がなく、ドアを開ける力もない。 〔ドアを閉じているとき(安全情報有)は、電気接点が ON の状態なので、機械を駆動することができる〕
1	1	$Coff = D_F$	正常	許容される	電気接点を OFF にするための作用力がある時は、ドアを開ける力がある。 〔ドアを開いた時の力は、接点を直接開離する。(力による強制的な接点引き剥がしを含む)安全情報が出力されないので駆動部は起動できない〕
0	1	$Coff < D_F$	故障	許容される	電気接点に OFF にするための作用力があるが、ドアは閉じたままである。 〔ドアを閉じている時に、接点が OFF になる故障(バネの折れ等)は許す(安全情報の出力を停止する故障)〕
1	0	$Coff > D_F$	故障	許容不可	電気接点を OFF にする作用力はないが、ドアを開ける力がある。 (ドアを開けても、接点は ON 状態を保持(溶着等)しており、安全情報を出し続ける故障は認めない)

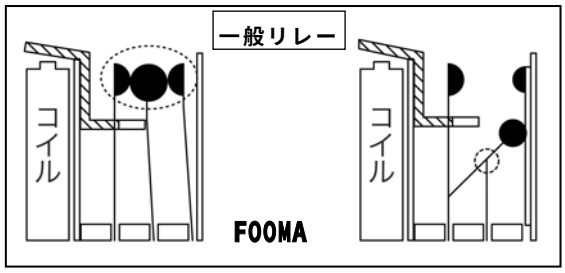
図表 5.1-8　論理式によって示す安全条件への適合性とその状態

		ポジティブ結合		ネガティブ結合	
安全性		ネガティブ結合よりも安全性は高い。 安全関連部のスイッチ類への使用は“本質的安全設計”としての要求となる		機械の仕様上どうしても不可能な場合を除き、安全関連部への使用は許容できない	
動作状態		正常な動作状態	異常な動作状態例	正常な動作状態	異常な動作状態例
接点回路方式		カムやドッグといった外部操作体で直接接点を開路する		スイッチ内部のバネで接点を開路する	
適用接点		セーフティーリミットスイッチの NC 側接点(b 接点)		セーフティーリミットスイッチの NO 側接点(a 接点)	
特徴	長所	接点溶着が生じても、カムの動きが力を直接接点へ伝達し、強制的に開離させる バネ折れも、接点を開離させる		カムの摩耗、位置ずれ、不慮の取り外し等の故障モードに対して安全側への故障となる	
	短所	カムの摩耗、位置ずれ、不慮の取り外しの際に接点が閉路状態となる危険がある		・開路状態でもプランジャを手で押し下げて安全機能を容易に無効化できる ・バネ折れ、溶着により閉路状態が解除されない危険がある(危険側故障) ・突発的に危険状態が生じることが予見できる	

図表 5.1-9　ポジティブ結合とネガティブ結合の比較

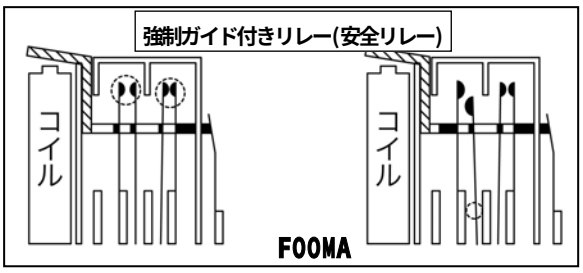


**図表 5.1-10　ポジティブ結合のスイッチを
スライド式ガードに用いた例**



備考：
一般的なリレーの故障モード１
a 接点の溶着により、a 接点が可動接点と着いたまま、b 接点へ引き寄せられ、接触してしまった例。

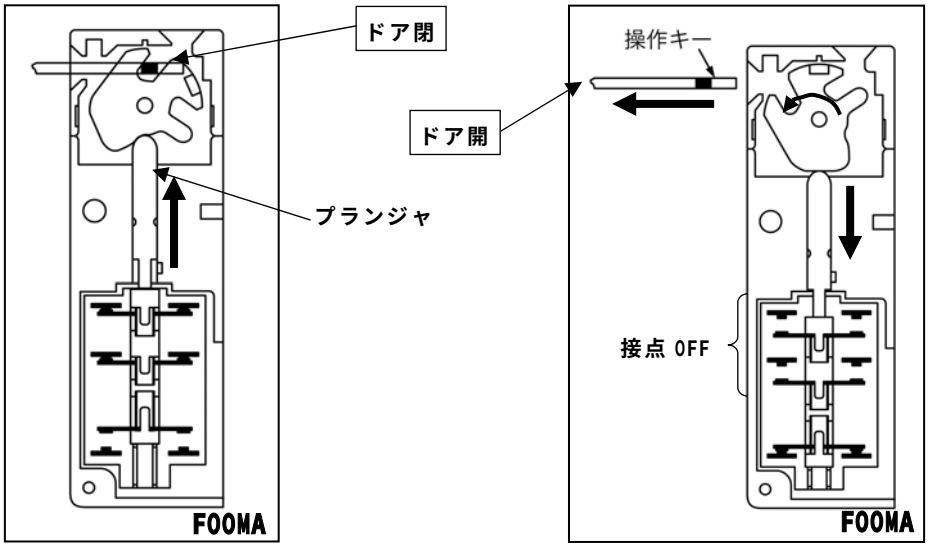
備考：
一般的なリレーの故障モード２
接点バネが折れて、極間の短絡を起こしてしまった例。



備考：
安全リレーの故障モード１
a 接点が溶着しても、溶着が剥がれない限り、b 接点を閉じることができない。
安全リレーは、強制ガイドを用いることで、ポジティブ結合を採用している。

備考：
安全リレーの故障モード２
接点をカプセルに収め、接点バネが折れても短絡を起こさない。

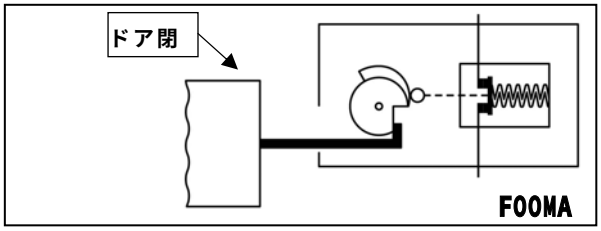
図表 5.1-11　一般リレーと強制ガイド付きリレー(ﾎﾟｼﾞﾃｨﾌﾞ結合)の比較



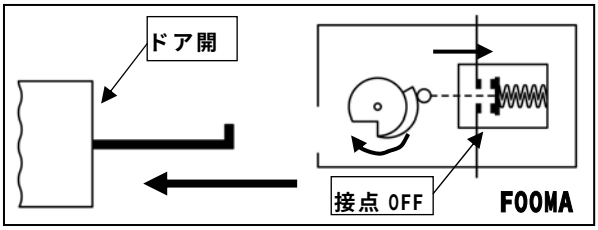
備考：
プランジャのバネが、可動接点を押し上げ、b 接点を ON にする

備考：
ドアを開ける力がキーを抜き取り、プランジャを押し下げ、強制的に b 接点を OFF にする。
プランジャを持ち上げているバネが折れた時は、プランジャが下がるため、“ドア開”状態となり、安全情報が発信されない。
b 接点を二重系とすることで、カテゴリ 3 対応としている

図表 5.1-12　ポジティブ結合を利用したドアロックシステムの例



備考：
ドアを閉じる力がトングを通じてカムを回すため、プランジャを押し下げる力がなくなり、バネがプランジャを押し上げ、接点が ON となる。



備考：
ドアを開ける力がトングを抜き取り、カムを回すことにより、その力がプランジャを押し下げ、強制的に接点を OFF にする。
接点を押しつけるバネが折れた時は、接点が乖離する安全側故障となり、安全情報が発信されないため、機械を稼働することができない。

図表 5.1-13　ガードにトングスイッチを用いた例

5.1.4　安定性

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.6

機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□EN 453、454、1674 等　各種食品機械に関する設計基準

5.1.4.1　安定性に関する一般要求(ISO 12100-2 4.6、BS/PD 5304 5.16、JIS B 9651～8)

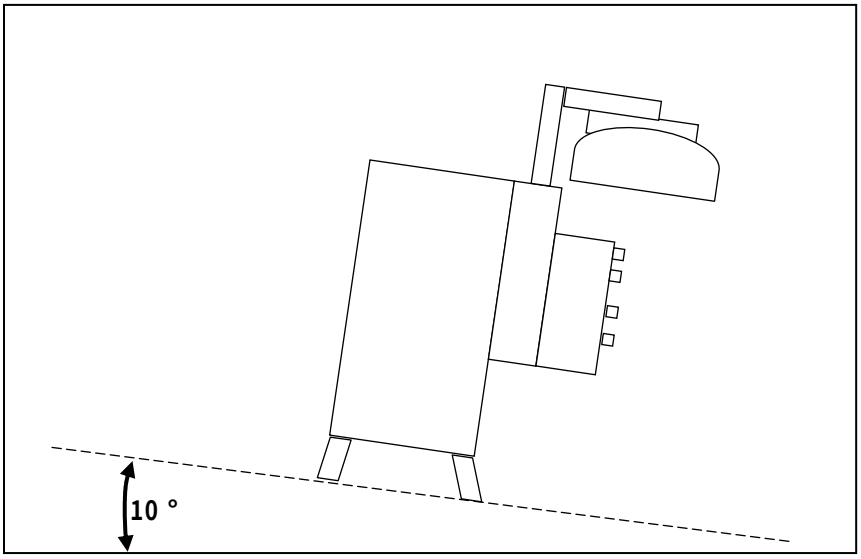
(1) 機械自身の駆動力、振動、衝撃等により、予期しない位置の移動が生じない構造とする。**(ISO 12100-2 4.6、BS/PD 5304 5.16)**

(2) 機械は適切な重量配分により、安定性を確保する。不可能な場合は、機械動作の制限や転倒を防止するための固定等を検討する。**(ISO 12100-2 4.6、BS/PD 5304 5.16)**

(3) 機械にとって最も不都合な状態、及び最も不都合な方向へ、水平面から **10**°傾けた時に機械が水平に戻る構造とする。**(JIS B 9651～8)**

(4) キャスターが付いた非固定式の機械は、最低 **2** 個又は **2** セットのキャスターにロック装置を設ける。**(JIS B 9651～8)**

(5) 上記**(3) (4)** にどうしても適合しない場合は、機械を固定し、その強度を取扱説明書に明記する。また、警告表示を機械本体へ貼り付ける。**(JIS B 9651～8)**



備考：規定量の加工物を中に入れ、最も不安定な位置で機械を 10°傾けて、安定していることを確認する

図表 5.1-14　安定性の確認

5.1.5　感電保護

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.9
　機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則
□IEC 60204-1:2000〔JIS B 9960-1〕
　機械類の安全性－機械の電気装置－第１部：一般要求事項
□IEC 529:1989〔JIS C 0920〕
　電気機械器具の防水試験及び固形物の侵入に対する保護等級
□IEC 60034:1996〔JIS C 4034-1〕
　回転電気機械－第１部：定格及び特性

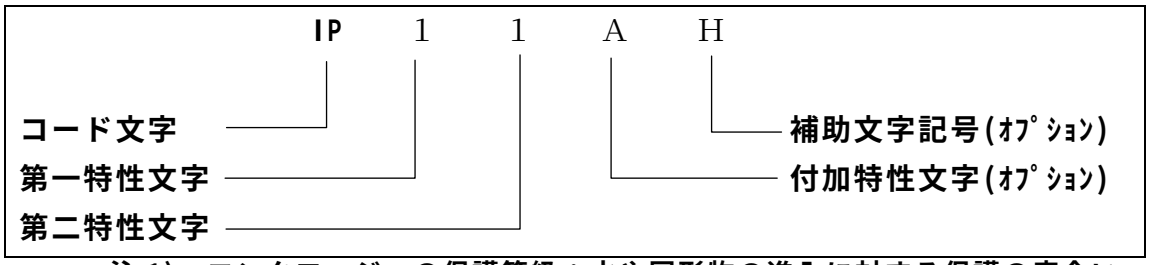
5.1.5.1　感電保護に関する一般要求(IEC 60204-1 6.)

(1) 充電部は適切なエンクロージャの内部に配置し、作業者を保護する。
(2) 充電部は適切な絶縁物によって完全に覆い、作業者を保護する。
(3) 電源を断路した後、残留電圧が 60V を超える充電部は、5 秒以内に 60V 以下になるよう放電する構造とする。この放電速度が装置の正常な機能に影響する場合はこの限りではない。

5.1.5.2　エンクロージャによる保護(IEC 60204-1 6.2.2)

(1) 充電部は、直接接触に対する保護等級[1)](**図表 5.1-15 参照**)が、IP2X又はIPXXB以上のエンクロージャ内に配置する。
(2) エンクロージャの上面に容易に近づくことができる場合は、上面の直接接触に対する保護等級は IP4X 又は IPXXD 以上とする。
(3) エンクロージャの開放条件は次による。
　①取扱い時、作業者は鍵や工具によって開ける構造とする（**図表 5.1-16 参照**）。
　②扉の内側にある充電部の直接接触に対する保護は、IP1X 又は IPXXA 以上とする。
　③装置を電源に接続した状態で、充電部に触れる恐れがあるときは、直接接触に対する保護が IP2X 又は IPXXB 以上とする。
　④エンクロージャは、内部の充電部を断路した状態の時、開くことができる。
　⑤断路器を開路した後も充電している全ての部分の保護等級は、IP2X又はIPXXB以上とし、警告表示[2)]を行う。
　⑥鍵や工具を使わず、又は充電部を断路せずに開くことができるエンクロージャ内の全ての充電部の保護等級は、IP2X 又は IPXXB 以上とする。

(4) IP コードの構成は次の通り。



注 1)　エンクロージャの保護等級：水や固形物の進入に対する保護の度合い。IP コードで表される。

注 2)　警告表示については、「食品機械の取扱説明書作成ガイドライン」参照

要　素 コード文字	IP コードが持つ意味	器具に対する保護内容	人に対する保護内容
第一特性数字		【外来固形物の侵入】	【危険部位への接近】
	0	無保護	無保護
	1	直径≧50mm	手の甲による
	2	直径≧12.5mm	指による
	3	直径≧2.5mm	工具による
	4	直径≧1.0mm	針金による
	5	防じん形	針金による
	6	耐じん形	針金による
第二特性数字		【有害な影響を伴う水の進入】	
	0	無保護	－
	1	垂直落下	
	2	落下	
	3	散水	
	4	飛まつ	
	5	噴流	
	6	暴噴流	
	7	一時的水没	
	8	継続的水没	
付加特性文字			【危険部位への接近】
	A	－	手の甲による
	B		指による
	C		工具による
	D		針金による
補助文字機械		【補足表示】	
	H	高圧機器	－
	M	水の試験中動作させる	
	S	水の試験中停止させる	
	W	気象条件	

備考 1：器具に“特性数字”を規定する必要がない場合，その非適用特性数字はアルファベットの“X”に置き換えて示すものとする。（第一・第二特性数字が両方とも省略される場合は，“XX”とする。）

備考 2：“付加特性文字”及び／又は“補助文字記号”は，置換文字を省略してもよい。

備考 3：補助文字記号を２文字以上使用する場合には，アルファベット順に使用する。

備考 4：設置状態によっての外郭の保護階級が異なる場合は，製造者は，技術資料などでそれぞれの設置条件ごとにその保護階級を明示しなければならない。

図表 5.1－15　IP コード要素の概要

備考：左側レバーには、施錠するための鍵穴を備えている。鍵穴には回転するふたがついている

図表 5.1-16　鍵付きエンクロージャの例

（写真提供：㈱大川原製作所）

備考：パッキンには切れ目が無く、水、じんあいの侵入を防止する。

図表 5.1-17　防水形エンクロージャの例

（協力：㈱武蔵野）

5.1.5.3　絶縁物による保護(IEC 60204-1 6.2.3)

(1) 絶縁物により保護する場合その絶縁物は、破壊しなければ除去できない絶縁物によって、完全に覆わなければならない。

(2) 絶縁物は「機械的」「化学的」「電気的」「熱的」ストレスに耐える材質とする

(3) 絶縁物として「塗料」「ワニス」「ラッカー」のようなものは使用できない。

備考：50℃以上に発熱する個所に使用する絶縁物については、電気用品安全法　省令第１項－別表第三、2、(1)、ロ、細則に規定される。電気製品に使用される電気絶縁物や熱絶縁物は接触又は近接した部分の「温度に十分に耐え」なければならない。これらの絶縁物について「電気製品に使用される部品・材料登録制度（CMJ登録制度）」がある(http://www.jet.or.jp/　(財)電気安全環境研究所　HP参照)。使用温度上限が定められている絶縁物として、主に次のようなものがある。天然材料(天然繊維、耐熱セメント等)、マイカ製品(ガラス布、ポリエステル織布等)、有機材料(メラミン樹脂、フェノール樹脂、ポリプロピレン、ポリカーボネート等)、無機材料(ガラス、セラミックス等)、ゴム混合物(天然ゴム、ニトリルゴム、ケイ素ゴム等)。

5.1.5.4　残留電圧に対する保護(IEC 60204-1 6.2.4)

(1) 電源を断路した後、残留電圧が５秒以内に 60V 以下にできない場合、コンデンサを収納するエンクロージャに、断路後エンクロージャを開放するまでに必要な時間を恒久的に表示する。

(2) プラグを引き抜いたとき、導体が露出する場合は、１秒以内に放電する構造とする。不可能な場合は、直接接触に対する保護等級が IP2X 以上、又は IPXXB とする。

5.1.6　空液圧に対する保護

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.10
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則

□ISO 14118:2000 5.
機械類の安全性－予期しない起動の防止

□ISO 4413:1998 〔JIS B 8361〕
油圧動力－システムに関する一般規則

□ISO 4414:1998 〔JIS B 8370〕
空気流動力－システムに関する一般規則

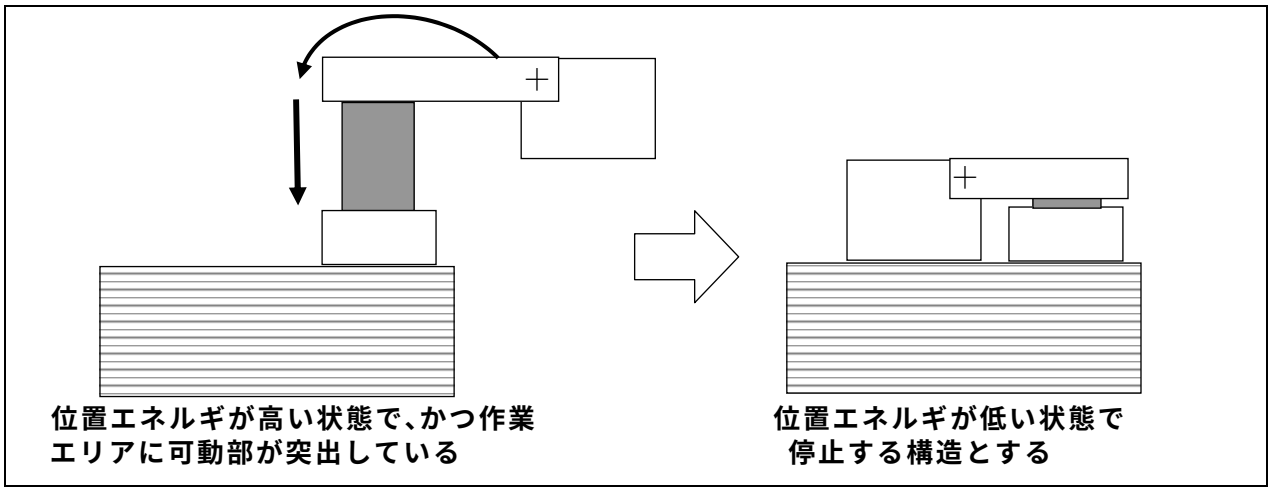
5.1.6.1　空液圧に対する保護方策に関する一般要求(ISO 12100-2 4.10)

(1) 回路における最大定格圧力を超えない（圧力制限装置の使用）。

(2) サージ圧や圧力の増加、又は圧力の喪失、低下、真空度の喪失により危険が生じない。

(3) 空気貯蔵器等の容器は、機械の動力供給を遮断した場合、可能な限り自動的に減圧する。不可能な場合は、遮断、局所減圧及び圧力表示の手段を備える**(図表 5.1-18 参照)**。

(4) 機械の動力供給を遮断した後でも圧力を維持している全ての要素には、識別できる排出装置を設ける。また、機械の設定、保守・保全の前に減圧する必要性に関する警告ラベルを貼る。



備考 1 ：エネルギの消散については 5.6.3 参照

図 5.1-18　停止位置は、位置エネルギ等が最も低い状態となる構造の例

5.1.7　ハザードへの暴露機会の制限

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.13、4.14、4.15

機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則

5.1.7.1　ハザードへの暴露機会の制限に関する一般要求(ISO 12100-2 4.13、4.14、4.15)

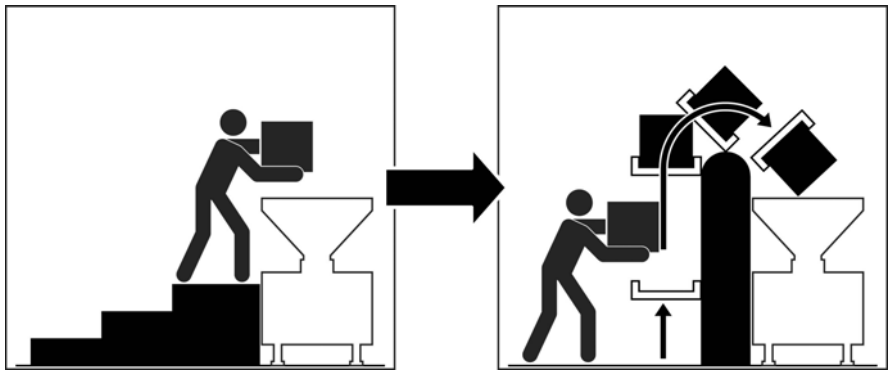
(1) 安全を確保するために重要なセンサ、制御システム、動力システムは、信頼性が確保されているものを使用する。

(2) ガードや各種保護装置の要素は、特に信頼性が高くなくてはいけない。

(2) 機械へのワークの搬入出作業は可能な限り自動化する。

(3) 専用の制御システムを持った自動供給/取り出し装置が設置される機械は､接続される全設備のあらゆる制御/運転モードにおける､全ての安全機能が正常に動作することを確認した後、相互を接続する。

(4) 保守、メンテナンス、設定、等を行う作業位置を危険区域外に設ける。



備考：ホッパ内に機械的可動部があり、それが危険源として認識できる場合､作業者が直接材料投入するような作業はリスクが大きい。
このような場合､危険源へ作業者を接近させないため､自動供給装置等の手段を備えることを検討しなければならない。

図 5.1-19　自動供給装置を備えた機械

5.1.8　始動、起動、停止

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.11.2、4.11.3
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則

□ISO 13849-1:1999〔JIS B 9705-1〕 5.5
機械類の安全性－制御システムの安全関連部－第１部：設計のための一般原則

□IEC 60204-1:1997〔JIS B 9705-1〕 9.2.5.2
機械類の安全性－機械の電気装置－第１部：一般要求事項

□ISO 13850:1996〔JIS B 9703〕
機械類の安全性－非常停止－設計原則

□ISO 14118:2000〔JIS B 9714(予定)〕
機械類の安全性－予期しない起動の防止

□ISO 11161:1994〔 JIS 未制定 〕
産業用自動化システム－統合生産システムの安全性－基本的必要条件

5.1.8.1　始動操作と起動に関する一般要求　（ISO 12100-2:2003 4.11.2、ISO 13849-1:1999 5.5、IEC 60204-1:1997 9.2.5.2）

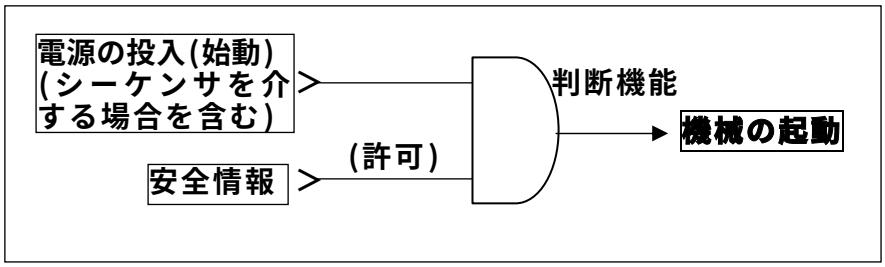
(1) 機械の起動〔start(-up)〕は、全ての安全機能が正常に機能している時のみ可能でなければならない。誤った始動(initiation)操作によって、機械の作動部分が直ちに起動してはならない。

(2) 主電力との接続により､電気をエネルギ源とする機械の作動部は起動してはならない。

(3) 安全機能を設けることができない機械は､ホールドトゥラン制御等により起動させる。

(4) 正しい順序で起動するよう、適切なインタロック機能を設ける。

※JIS B 9705-1 9.2.5.2 の項目名称は“始動”となっている。この名称は“start-up”の訳語として採用されているもので､“initiation”と混同しないよう注意が必要である。



図表 5.1-20　始動操作と起動の関係

5.1.8.2　再起動に関する一般要求　(ISO 12100-2:2003 4.11.4、ISO 13849-1:1999 5.5)

(1) 動力中断後の再起動は、再起動することがハザードとなる場合は、再起動を防止しなければならない。

5.1.8.3　停止に関する一般要求　(ISO 12100-2:2003 4.11.3、IEC 60204-1:1997 9.2.2、9.2.5.3、ISO 13849-1:1999 5.2)

(1) 停止の最初の動作は、電圧又は流体圧力の除去又は低減により実行する。
(2) 停止は**図表 5.1-21** に示すカテゴリに分類される。
(3) 機械にはリスクアセスメントの結果に基づき、適切なカテゴリ選択しなければならない。
(4) カテゴリ **0** と **1** は運転モードに関係なく働く。その際カテゴリ **0** が優先する。
(5) 停止機能は起動機能より優先する。
(6) 保護機器、及びインタロックが機械を停止させる場合、停止信号を制御システムの論理回路に伝える構造とする。この停止機能をリセットしてもリスクの増大につながってはならない。
(7) 保護装置による停止機能は、作動後速やかに機械の作動部が安全状態に移行しなければならない。この停止機能は、通常運転の停止よりも優先する。
(8) 複数の機械が、ある統制下に従い動作する場合、停止信号は管理制御部及びその他の関連する機械に伝えられる構造とする。

カテゴリ	制御上の 呼び方	内　容
カテゴリ 0	非制御停止 【停止状態】	機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止
カテゴリ 1	制御停止 （逆制動をかけた停止）	機械アクチュエータが停止するために電力を供給し、その後停止した時に電源を遮断する制御停止
カテゴリ 2	制御停止 【休止状態(制御上の停止)】	機械アクチュエータに電力を供給した状態での制御停止

図表 5.1-21　停止カテゴリ

5.1.8.4　非常停止に関する一般要求　(ISO 12100-2:2003 5.5.2、ISO 13849-1:1999 5.3、IEC 60204-1:1997 9.2.5.4.2)

(1) リスクアセスメントの結果、非常停止が必要である場合、非常停止装置を設ける。
(2) 非常停止装置は、明確に識別が可能とする。
(3) 非常停止させる工程は、非常停止することにより新たなハザードを生じないよう、迅速に停止する。不可能な場合、非常停止が最良の解決策か検討する。
(4) 必要な場合、非常停止制御器は特定の安全防護物の作動を開始するか、又は開始を許可する構造とする。

(5) 全てのモードにおいて他の機能及び操作より優先する。
(6) 非常停止命令をリセットすることにより再起動してはならない。
(7) 非常停止の停止カテゴリは、リスクアセスメントによりカテゴリ又はカテゴリの停止として機能しなければならない。

備考：5.2.3.4、5.6.1 に関連事項の記載有り

5.1.8.5　生産システムの始動・停止に関する一般要求

2 台以上の機械を連結し、プログラムされた制御装置によって連携運転される“生産システム”の始動、停止に関する要求事項は次の通り。

(1) 生産システムの始動(ISO 11161 5.10)

①生産システムの始動操作は、危険区域の外に配置された操作盤により行う。
②起動は、次の条件が満たされなければならない
a)危険区域に存在する全ての保護設備は、正しい位置にある。
b)危険区域に存在する全ての保護設備は、正常に機能する。
c)正常な運転の条件が全て満たされている。
③生産システムの始動操作を複数の操作盤による指令によって行う場合、特定の操作盤からの指令がそろった時のみ、起動する。
④安全上の理由から、生産システムの特定の領域に関する起動をある一つの操作盤によって行う場合は、他の操作盤から始動命令が出せない構造とする。

(2) 生産システムの停止(ISO 11161 5.11)

①生産システムの停止

a)生産システム、あるいは区分された工程ごとに、以下の停止機能を備える。
・作業者を危害から保護するための停止機能。
・正常な運転操作における停止機能。
b)生産システム、あるいは区分された工程ごとに設置した停止機能は、リスクアセスメントの結果に応じて、停止のカテゴリ 0、あるいは 1 の停止機能を備える。
c)停止した後、動力回復によって危険状態を生じない構造とする。

②生産システムの緊急停止

a)生産システム、あるいは区分された工程ごとに、緊急停止機能を備える。
b)システム中の区分された工程において、緊急停止状態となった時はシステムやその関連場所に、緊急停止状態を報せる構造とする。
c)システム中の区分された工程において、緊急停止装置が作動した場合、その工程及び他の工程とのインタフェースに危険状態が生じてはならない。
d)緊急停止状態の解除作業により、機械が起動及び再起動しない構造とする。

③保護設備による運転の停止

a)保護装置による停止は、生産システム、あるいは区分された工程の再起動が容易にできる構造とする。

b)保護設備による停止が、製品や生産設備に損傷を与える恐れがある場合、作業者を危害から保護するための停止は運転機能によって行う構造とする。

c)運転機能上に停止機能を設けた生産システムにおいて、安全上の理由から工程サイクル中やある部分での停止が不可能な場合には、工程サイクルが終了し、全ての危険が解消されるまで作業者が危険領域に進入できない構造とする。

(3) 緊急時の作動(ISO 11161 5.12)

緊急事態において、システムの要素部分を作動させる必要がある場合、その方法をあらかじめ用意する。緊急時の作動例は以下の通り。

①動力が遮断されている場合

・圧力系統の安全弁を開き、システムの圧力を低下させる。

・機械式ブレーキを手動操作で解除する(危険がない場合)。

②動力が維持されている場合

・動力パイロット弁や駆動部を手動で操作する。

・逆方向の動作を起動させる制御機能を備える。

5.1.9　設置環境を考慮した設計

関連規格

□ISO 12100-1:2003〔JIS B 9700-1〕 4.11.2、4.11.3
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第１部：基本用語、方法論

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.7
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則

□IEC 60204-1:1997〔JIS B 9705-1〕 4.2、4.3、4.4、4.5、4.6、4.7、10.1、12.2
機械類の安全性－機械の電気装置－第 1 部：一般要求事項

□JIS C 0364-4-481:1999
建築電気設備　第 4 部：安全保護　第 48 章：外的影響に対応した保護手段の選択　第 481 節：外的影響に関連する感電保護に対する保護手段

□JIS C 0704:1995
制御機器の絶縁距離・絶縁抵抗及び耐電圧

5.1.9.1　設置環境を考慮した設計の一般要求　（IEC 60204-1　4.）

機械は設置環境を考慮して設計されなければならない。一般的に機械メーカに正常な機能を保証することが望ましい設置環境が **IEC 60204-1** の **4.**項に規定されているので、参考としてその要求事項を以下に示す。

(1) 電源(客先にて準備願う電源仕様)

①交流

a)電　圧：公称電圧の **0.9**～**1.1** 倍

b)周波数：公称周波数において、(連続)**0.99**～**1.01** 倍、(短時間[1])**0.98**～**1.02** 倍。

c)その他：高周波、電圧不平衡、電圧中断及び電圧低下については、規格参照。

注 1)　短時間周波数値は、ユーザが規定出来る

②直流（ここではコンバータ電源を記す。電池電源は別に要求有り）

a)電　圧：公称電圧の **0.85**～**1.15** 倍

b)電圧中断：**20ms** 以下。次の中断まで **1** 秒を超える間隔がある。

c)リプル電圧(ピーク間電圧)：公称電圧の **0.15** 倍を超えない。

(2)正常な動作を保証する周囲温度

①周囲温度 **5**～**40℃**で正確に作動。

②高・低温の温度環境の場合、補足要求事項を定めることが必要**(図表 5.1-22 参照)**。

備考：JIS C 0704:3.1、JEM 1029:2 及び JEM 1266:2.1 項には-5～40℃および 24 時間の平均値は、35℃以下で正確に作動すること及び氷結しないことの規定有り。

(3) 正常な動作を保証する周囲湿度

①最高温度 40℃のときの相対湿度が 50％を超えない場合、正確に作動する。温度が低い場合には高い湿度も許容される（例：20℃で 90％）。

②偶発的な結露による悪影響が考えられる場合は、機器を適切に設計するか、必要ならば、適切な補足的手段（例：内蔵加熱器、空調機、水抜き穴）を講じることによって避ける。

備考：JIS C 0704 では、相対湿度 45～85%で(結露せず)作動と規定されている。

(4) 正常な動作を保証する標高(高度)

電気装置は、海抜 1,000mまでの高度で、正常に作動する。

(5) その他

放射線、汚染物、輸送・保管及び電磁波は省略。IEC 60204-1 を参照。

5.1.9.2　作業空間を考慮した設計の一般要求

(1) 保全性に関する作業空間（ISO 12100-2　4.7）

①接近性。環境、並びに作業服及び使用される工具の寸法を含む人体寸法を考慮する。

(2) 制御盤周辺の作業空間（IEC 60204-1　10.1.2、12.）

①作業床面より 0.6m以上。作業者の通上作業位置から容易に届く。

②制御盤は、運転・保守等の通常作業が、他の部品を取り外すことなく、全面から行える。

③定期的に近づく必要のある機器は、作業面より 0.4m～2.0mの高さとする。

④端子は作業面から 0.2m以上の高さとする

⑤JIS C 0364-4-481 に「無電圧の制御盤表面と壁及び制御盤間の最小寸法の規定あり。規定値：最小 700㎜、但し米国 OSHA§1910：303 他では 762㎜。米国規格には、その他の要求があるので要注意。

備考：5.2.3 に関連事項の記述有り。

機械設置環境について、特殊な条件が必要な場合の主な確認事項
(詳細は IEC 60240-1 附属書 B　参照)

(1) 周囲温度範囲
(2) 湿度範囲
(3) 標高
(4) 腐食性雰囲気、粒状物質、電磁両立性等の環境
(5) 放射線
(6) 暗振動、衝撃
(7) ケーブルの難燃性要求等、据付、運転の特別な要求
(8) 予想される電圧変動(±10%を超える場合)
(9) 予想される周波数変動
(10)将来あり得る電気装置の変更で、電源容量の増加を必要とするか？
(11)電気装置への供給電源
(12)供給電源の接地方式
(13)電気装置は電源の中性線に接続するか
(14)使用者が電源線の過電流保護装置を用意するか
(15)電源断路器の仕様
(16)供給電源に直接接続したとき、直入れ始動できる三相誘導電動機の最大出力
(17)電動機の過負荷検出機器の数は減らせるか？
(18)機械の局部照明
(19)機能表示
(20)刻印や特殊なマーク
(21)技術文書に関する要求
(22)使用者が準備するダクト、開放型ケーブルトレイ又はケーブル支持物の寸法など
(23)通常作業でエンクロージャへ接近する必要のある人
(24)キーロック式の採用
(25)両手操作制御を用いる場合のタイプ
(26)据付場所まで輸送するのに影響する寸法、質量等の制限
(27)繰り返し作業がある場合の、繰り返し頻度
(28)実負荷をかけた運転試験証明書の必要の有無
(29)ケーブルレス制御の場合、正規の信号が遮断されてから自動的に機械を停止するまでの時間
(30)電線表示に関する特別な方法
等

図表 5.1-22　設置環境について特殊条件が必要な際の確認事項

5.2　本質的安全設計－人間工学的方策

ここでは ISO 12100 に記載される本質的安全設計の“人間工学”に関する事項について記載する。本質的安全設計における“人間工学的方策”とは、各種制御装置が配置される位置や、ハザードに対する安全距離だけではない。作業者が作業中、「ついうっかり」、あるいは心理学的にハザードへ「無意識に」手を出したくなるような現象の発生も考慮しなければならない。

5.2 項に記載する主な事項は次の通り。

(1) 作業者の精神的負荷に対する保護方策（5.2.1 参照）
(2) 手による重量物の取扱い（5.2.2 参照）
(3) 手動制御器(アクチュエータ)の位置と動作に対する保護（5.2.3 参照）
(4) リスク低減のための視覚・聴覚によるシグナル（5.2.4 参照）
(5) 上肢の危険区域到達防止のための安全距離（5.2.5 参照）
(6) 下肢の危険区域到達防止のための安全距離（5.2.6 参照）
(7) 危険箇所の最小隙間（5.2.7 参照）
(8) 人間工学的設計のための人体寸法(5.2.8 参照)
(9) 身体の接近速度に基づく保護設備の位置決め（5.2.9 参照）
(10)接触可能な表面温度（5.2.10 参照）

5.2.1　作業者の精神的負荷に対する保護方策

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□ISO 10075:1991〔JIS Z 8502〕
人間工学－精神的作業負荷に関する原則－用語及び定義

□ISO 10075-2:1996〔JIS Z 8503〕
人間工学－精神的作業負荷に関する原則－設計の原則

□ISO 6385:2004
作業システム設計における人間工学の原則

□IEC 61310-3:1999(JIS B 9706-3)
機械類の安全性　－　表示，マーキング及び作動　－　第 3 部：アクチュエータの配置及び操作に対する要求事項

□IEC 60204-1:2000(JIS B 9706-3)
機械類の安全性－機械の電気機器－第 1 部：一般要求事項　5.5、5.6 項

□ISO 7243:1989〔JIS Z 8504〕
人間工学－WBGT(湿球黒球温度)指数に基づく作業者の熱ストレスの評価－暑熱環境

5.2.1.1　作業者の精神的負荷に対する保護方策に関する一般要求(ISO 12100-2 4.8、ISO 12100-1 5.3)

(1) 作業者の精神的､身体的ストレス等を低減させるため､基本設計時に人間工学原則(ISO 10075-2)を考慮する。

(2) 想定する機械の作業者の人体的寸法、力、姿勢、動作の振幅、繰り返し動作の頻度、等の身体的情報を考慮する。

(3) 作業者が機械を使用するためにストレスの大きな姿勢、動作をとる必要のない構造とする。作業者の身体的特徴を制限しない場合は、作業者に応じた調整ができる設備を備える。

(4) 作業時に手で持ったり支えたりする機械、及び移動しながら用いる機械は、作業者の労力、作業者の身体的構造を配慮し、容易に操作が可能な構造とする。

(5) 可能な限り、騒音、振動、極端な温熱の環境を回避する。

(7) 自動連続運転のサイクルに作業者の作業リズムを無理矢理合わせるような構造としない。

(8) 機械のやむを得ない構造上の問題により作業に十分な明るさが確保できない場合は、適宜照明を機械に備える。

(9) 作業者に影響を与える恐れのある、点滅、眩しい光、ストロボ効果、等は対策を講じ

る。

(10)次のような作業者の意図しない挙動、及び合理的に予見可能な誤使用への対応を講じる**(ISO 12100-1 5.3)**。

①機械の故障や作業中の不具合を直すため等、作業者がとっさに介入する反射的な行動**(図表 5.2-1 参照)**。

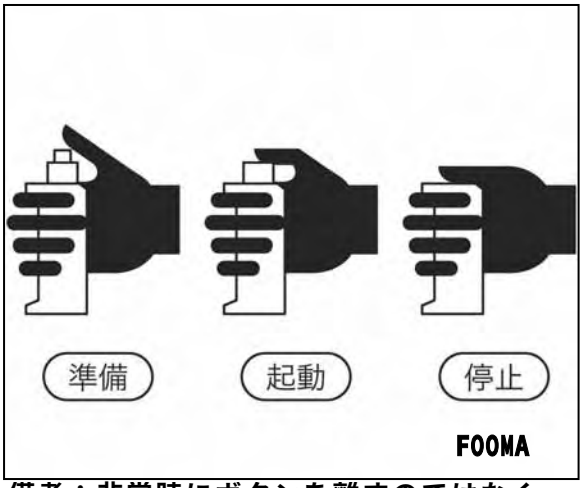
②知識や経験の不足、工程の省略、冒険心、等により作業者が介入する行動。

③危害が発生した時に、パニックになり反射的にとる安全行動と異なる動作**(図表 5.2-2 参照)**。

(11)作業者の訓練なしではシステムが最適化しない機械は、欠陥と見なされる。設計時に想定される作業者の能力、技能、経験、等を考慮する**(ISO 10075-2)**。

備考：食材が型からはみでた時、作業者は無意識に手を出すことがある。とっさに手が出せないようガードを取り付けた。

図表 5.2-1 不具合修正のためにとっさに機械へ手を出せない構造
（協力：㈱武蔵野）



備考：非常時にボタンを離すのではなく、押し込んでしまうことがある。スイッチを深く押し込んだときは停止する例

図表 5.2-2 危害が生じたときのパニック行動を予測した構造

設計工程の水準	精神的作業付加による減退効果別の解決策例			
	疲労	単調感	注意力の低下	心的飽和
業務及び/又は職務における対策	業務配分、時間分割を避ける	課業配分、課業の多様性	注意の連続を避ける	小目標を与える 職務充実
作業装置における対策	あいまいさのない情報提示	機械ペースの作業を避ける 作業者ペースの作業を与える 信号提示のモードを変更する	信号の目立ち易さ	課業達成において個人のやり方で行う機会を与える
作業環境における対策	照明	温度、色	変化のない聴覚刺激を避ける	変化のない環境状態を避ける 変化を与える

図表 5.2-3　精神的作業付加の減退効果を避けるための設計における解決策例
(ISO 10075-2)

5.2.2　手による重量物の取扱い

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.1
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□EN 1005-2:2003
機械の安全性－人間の身体的機能－第 2 部：機械及び機械構成部品の手動取扱い

□EN 1005-3:2002
機械の安全性－人間の身体的機能－第 3 部：機械操作における推奨する力の限度値

5.2.2.1　重量物の取扱いに関する一般要求(ISO 12100-2 4.8.1、EN 1005-2:2003)

(1) 機械の据え付け、保守・メンテナンス、解体までの全てのライフサイクルにおいて、人手による搬送を必要とする作業は、力の強さを考慮しなければならない。

(2) 質量が 3kg 以上の物体を人手により 2m 未満の距離を搬送する場合にのみ､ここでの要求は適用される。

(3) 質量が 3kg 以上の物体を人手で搬送する場合で、正確な位置決めが必要なもの、及び頻繁な人手搬送を要するものは専用の補助具の設置を検討する。

(4) 25kg を超える物体を人手搬送する場合は、専用の補助具の設置を検討する。

(5) 一人で搬送することが予想される場合、重量物の最大質量は 25kg 以下とする。

(6) 質量が 3kg 以上の物体を重量物とする。

(7) 重量物を持った時の質量は､可能な限り左右の手に均等にかかる構造とする｡重心も、重量物を持つ作業者の体に近い位置となる構造とする。

(8) 重量物の寸法は、巾 0.6m 以内、奥行き 0.5m 以内、高さは両手で持った状態で、搬送者の視界を妨げない高さとする**（図表 5.2-4 参照）**。

(9) 重量物には、作業者が手でつかむための取っ手を設ける。取っ手は作業者の手指を傷つけない構造とする。取っ手の直径は 20mm～40mm の間とする。

(10)機械への取付けや取外しのために水平方向及び垂直方向へ移動させる距離は 0.25m 以内とする。0.25m を超えるものは、リスクアセスメントにより方策を検討する。

手による重量物の取扱いに関する設計原則

(1) 手による移動を必要としない設計（負荷の排除）
(2) 技術的補助手段の利用（負荷の軽減）
特に要求事項を越える場合は必要
(3) 作動動作の最適化

対象物（持ち運ぶ物）

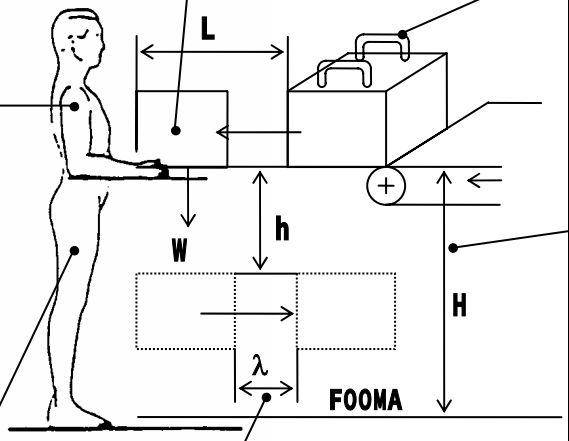
○**最大重量(W)：25 kg**
○重心位置：原則両手の中心で出来るだけ身体に近いこと。
(注**)**重心の移動するもの（例：液体）は出来るだけ避けるか注意書を付ける。
○寸法
・幅：肩幅（約 **600** ㎜）
・奥行：最大 **500** ㎜**(350** ㎜以内推奨**)**
・高さ：作業者の視界が確保出来ること。

グリップ／取手

○位置：重心より振分け
○形　：腕／手に無理のないこと
○握り方：フックグリップ又はパワーグリップ
○寸法
・直径：**20**～**40** ㎜
・手を入れる深さ：**125** ㎜以上
・形状：円形又は楕円形

作業の繰返し

○高頻度による重量物の取扱いは避ける
○可能な場合自動化されていることが望ましい
○質量と頻度による危険性は、リスクアセスメントにより評価を行う



作業者と機械の関係

○**H**（水平移動高さ）：作業者の手の位置(中指の付け根）より低いこと。
○**L（水平移動距離）：最大 250 ㎜**
○**h(垂直方向移動距離)：最大 250 ㎜**
※L、H の寸法が 250 ㎜を越える場合、アセスメントにより最適な方策を検討。
○グリップ／取手位置高さ：**600**～**900** ㎜の範囲

作業姿勢

○無理な姿勢（身体をねじる、曲げる、かがむ、床からの持上げ等）は避ける設計とする。

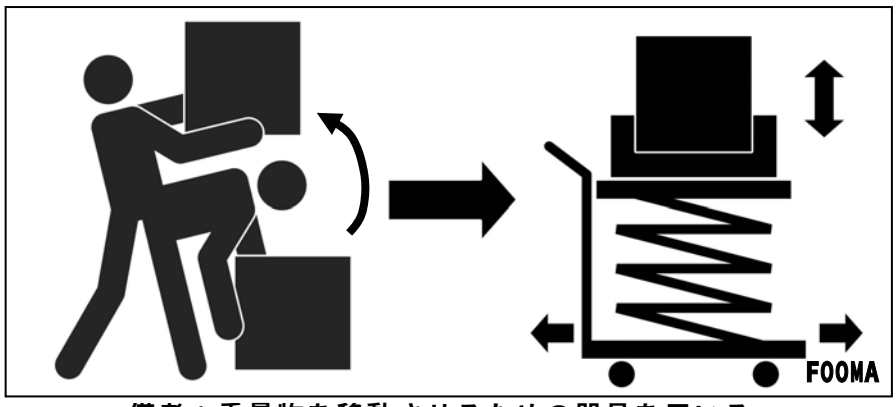
重量物の持ち運び

○持運び距離**(λ)**：最大 **2,000** ㎜

手による重量物の取扱いに関する

○一般事項：(取扱説明書に記載)
人体上のリスク**(**傷害**)**の予測と注意／回避方法
○計画と編成：
スペース、作業ローテーション**(**含休息**)**等
○対象物：
最大重量、取扱い上の注意
○技術的補助具：
補助具の必要性，使用方法，注意事項等

図表 5.2-4　手による重量物の取扱いに関する主な要求事項



備考：重量物を移動させるための器具を用いることにより、作業リスクを低減できる。

図表 5.2-5 人手搬送を行う重量物の水平方向、垂直方向への移動

5.2.3　手動制御器(アクチュエータ)の位置と動作に対する保護

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.7
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

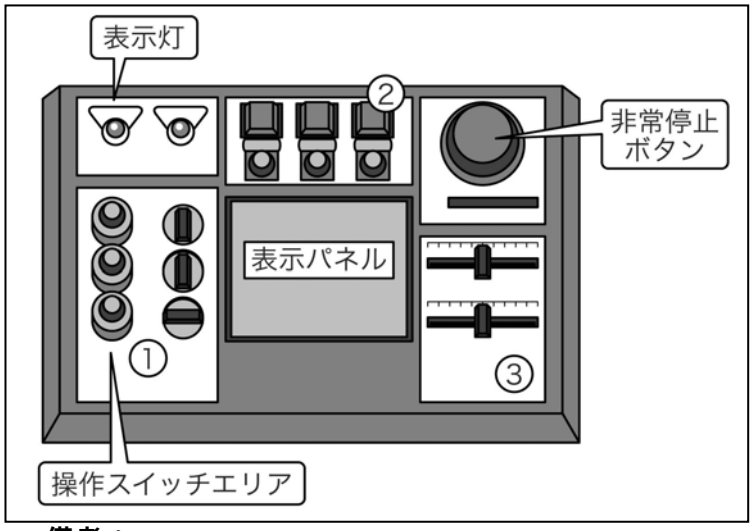
□IEC 61310-3:1999〔JIS B 9706-3〕
機械類の安全性　―　表示，マーキング及び作動　―　第 3 部：アクチュエータの配置及び操作に対する要求事項

□IEC 60204-1:2000〔JIS B 9706-3〕 10.　12.
機械類の安全性－機械の電気機器－第 1 部：一般要求事項

□ISO 3864:1984〔JIS Z 9101〕
安全色及び安全標識

5.2.3.1　手動制御器の位置とその動作に対する保護方策に関する一般要求(ISO 12100-2 4.8.7、IEC 60204-1 10.1.2)

(1) 手動制御器は明瞭で、視認・識別できる構造とする。
(2) 手動制御器の操作によって機器がどのように稼働するか、作業者が容易に判断できる構造とする。
(3) 手動制御器はあいまいさがなく、ちゅうちょすることなく素早く、安全に操作できる構造とする。
(4) 手動制御器の押しボタン等の押した状態の位置や、レバーやハンドル等の動きは、その操作によって動いている状態と常に一致する構造とする。
(5) 手動制御機器の操作により追加的なリスクを生じない。
(6) キーボードのような制御機器であり、このような一つの制御機器によって複数の異なる動作を実行するような場合は、実行される動作が明瞭に表示され、必要に応じてその動作内容を確認できる構造とする。
(7) 作業者が通常の作業、及び保守のため、容易に近づくことができる位置に配置する。
(8) 手動制御器は、作業用床面から 0.6m 以上の高さとし、通常の作業位置から容易に手が届く範囲に設置する。
(9) 作業者が操作するときに、不注意による誤操作が最小となるよう設計する。



備考：
操作の種類別にエリア分けし、機能の異なる全てのボタンの種類を変えるなどの工夫を行っている。
①②③は、手動制御機器の配置エリア

図表 5.2-6 判断しやすい制御機器の配置の例

5.2.3.2　手動制御器の動作と結果に関する一般要求(IEC 61310-3:1999 5.)

(1) 手動制御機器への動作と、その結果の相互関係は作業者にとって明らかとする。

(2) 上記(1) の相互関係は動作と結果の二つのグループに分けた分類に基づく**(図表 5.2-7,-8 参照)。**

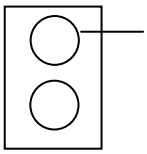
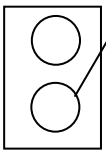
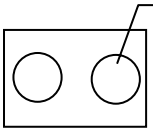
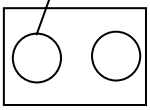
(3) グループ１の動作はグループ１の最終結果に帰着する。

(4) グループ２の動作はグループ２の最終結果に帰着する。

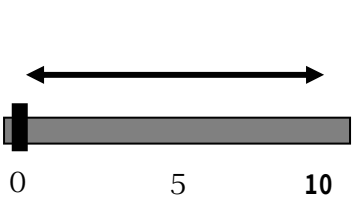
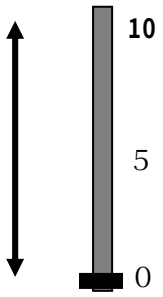
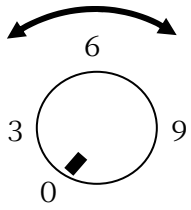
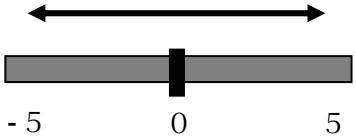
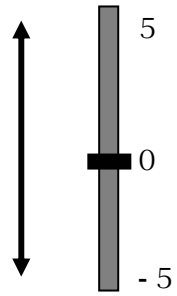
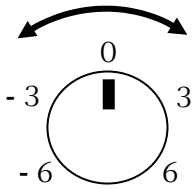
(5) 停止動作は**図表 5.2-9** の通りとする。

結果の性質	帰着する最終結果	
	グループ 1	グループ 2
物理量の修正(例えば、電圧、電流、電力、速さ、周波数、温度、光度、圧力、流量、力、音圧レベル)	増加値	減少値
状態の変化	運転中 起動 加速 スイッチオン 点火 バルブ開 満たす	運転停止中 停止 制動 スイッチオフ 消火 バルブ閉 空にする
次に関連して制御される物体の動き －基本軸，又は －オペレータ	上昇 右行 前進(ｵﾍﾟﾚｰﾀから離れる方向)	下降 左行 後退(ｵﾍﾟﾚｰﾀに近づく方向)

図表 5.2-7　手動制御機器への動作と、その結果の相互関係

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">手動制御機器の性質</th><th colspan="2" rowspan="2">動作の種類</th><th colspan="2">動作の方向</th></tr>
<tr><th>グループ 1</th><th>グループ 2</th></tr>
<tr><td colspan="2">ハンドホイール、ハンドル、ノブなど</td><td colspan="2">回転</td><td>時計回り
 </td><td>反時計回り
 </td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">グリップ，レバー，押し／引きボタンなど実質的に直線運動するもの※1。</td><td colspan="2">上下運動</td><td>上方向
</td><td>下方向
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">水平方向運動</td><td>右－左</td><td>右方向
 </td><td>左方向
 </td></tr>
<tr><td>前進－後退
※2</td><td>オペレータから離れる方向
 </td><td>オペレータに近づく方向
 </td></tr>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">手動制御器の種類</th><th colspan="2" rowspan="2">動作の種類</th><th colspan="2">動作の作用点</th></tr>
<tr><th>グループ 1</th><th>グループ 2</th></tr>
<tr><td rowspan="2">グリップのセット、押しボタン、ロッド、プルコードなど反対の結果をもつもの。</td><td>上下並び</td><td colspan="2" rowspan="2">圧力，けん(牽)引，など</td><td>上側機器における動作
  </td><td>下側機器における動作
  </td></tr>
<tr><td>横並び</td><td>右側機器における動作
  </td><td>左側機器における動作
  </td></tr>
<tr><th colspan="2">手動制御器の種類</th><th colspan="2">動作の種類</th><th colspan="2">動作の分類</th></tr>
<tr><td colspan="2">XY-VDU コントローラ付き VDT</td><td colspan="2">運動及び作動(クリック)</td><td colspan="2" rowspan="3">動作の方向及び作用点：分類せず</td></tr>
<tr><td colspan="2">キーボード</td><td colspan="2">キーのタイピング</td></tr>
<tr><td colspan="2">検知領域</td><td colspan="2">接触</td></tr>
<tr><td colspan="6">※1 さらなる情報は、IEC 60447:1993 マンマシンインタフェース－操作の基準(JIS C 0447)にある。
※2 可能な限り、図表 5.2-8 の規則は他の種類の手動制御機器の組合せにも適用する。</td></tr>
</table>

図表 5.2-8　動作の分類

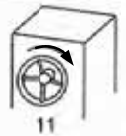
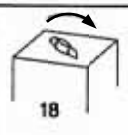
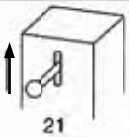
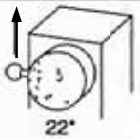
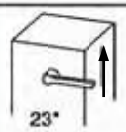
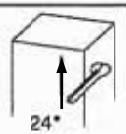
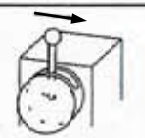
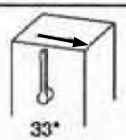
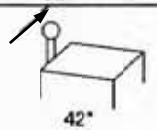
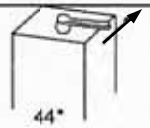
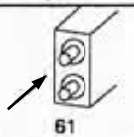
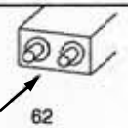
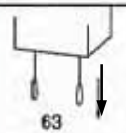
一動作による運動の場合の停止位置			
二つの反対の運動による場合の停止位置			

図表 5.2-9　停止状態の位置

作業者は図中に示す番号の位置にいるとみなす。

全ての図において、矢印はグループ１の動作に関連する。

図表 5.2-10　手動制御器の代表的な運動

角(回転)運動		 11	12	13	14	15	16	17	 18
上下運動		 21	 22*	 23*	 24*	25			
水平運動	右－左	31	 32*	 33*	34*	35			
	前進－後退	41	 42*	43*	 44*				
異なる方向の組み合わせ		51							
手動制御器		 61	 62	 63					
注* ハンドルの許容できる角運動については IEC61310-3 を参照。									

5.2.3.3　押しボタン形手動制御器の色に関する一般要求(IEC 60204-1 10.2)

(1) 押しボタン形手動制御器の色とその意味は、**図表 5.2-11** に従う。

色	意　味	説　明	適用例
赤	非　常	危険な状態、又は非常時に作動させるボタンに使用	・非常停止ボタン ・非常機能の開始ボタン
黄	異　常	異常発生時に作動させるボタンに使用	・異常状態を抑制するためのボタン ・中断した自動サイクルを再起動するためのボタン
緑	正　常	電源投入のために作動させるボタンに使用	・電源投入ボタン
青	強　制	作業者に特定の行動を要求する状態に作動させるボタンに使用	・リセットボタン
白	特に規定なし	非常停止以外の一般的なボタンに使用 押しボタンの形や位置等を変え、明確に識別されている時のみ、“起動ボタン”と“停止ボタン”に同じ色を使用することができる	・起動(入)ボタン(優先) ・停止(切)ボタン ・HOLD-TO-RUN
灰色			・起動(入)ボタン ・停止(切)ボタン ・HOLD-TO-RUN
黒			・起動(入)ボタン ・停止(切)ボタン(優先) ・HOLD-TO-RUN
備考：押しボタン式手動制御器の識別のため、コーディングの補足的な手段を利用する場合（例：形状，位置，組成)、同じ白、灰または黒の色を異なる機能に対して使用出来る（例：白を「起動、オン用手動制御器」と「停止、オフ用手動制御器」同時に使用出来る)。			

備考：納入する事業所が定めている仕様と表に示す手動制御機器の色が異なることがある。この場合、顧客仕様が優先する。

図表 5.2-11　押しボタン形手動制御器の色と意味

5.2.3.4　非常停止装置に関する一般要求(IEC 60204-1 10.7)(5.6.1. 参照)

(1) 非常停止装置の種類は主に次の種類とする。

①押しボタンスイッチ

②コードを引くことで作動するスイッチ

③機械的ガードのないペダルスイッチ

④緊急停止バー　等

(2) 非常停止装置の色は次の通りとする。

①非常停止装置の色は「赤」でなければならない。

②非常停止装置を取り付けてある周囲の地の色は「黄」とする。

③押しボタン式非常停止装置の形は、手のひらで押す形か、キノコ形ヘッドでなければならない。

備考：詳細に付いては 5.6.1 参照

5.2.4　リスク低減のための視覚・聴覚によるシグナル

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.8
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□IEC 61310-1:1999(JIS B 9706-1)
機械類の安全性 ― 表示，マーキング及び作動 ― 第 1 部：視覚、聴覚及び触覚シグナルの要求事項

□IEC 61310-2:1995(JIS B 9706-2)
機械類の安全性 ― 表示，マーキング及び作動 ― 第 2 部：マーキングの要求事項

□IEC 61310-3:1999(JIS B 9706-3)
機械類の安全性 ― 表示，マーキング及び作動 ― 第 3 部：アクチュエータの配置及び操作に対する要求事項

□IEC 60417:2002
機器に用いる図記号

□ISO 3864:1984〔JIS Z 9101〕
安全色及び安全標識

□JIS Z 9103:1995
安全色一般的事項

□JIS Z 9104
安全標識－一般的事項

□IEC 60204-1:2000(JIS B 9706-3)
機械類の安全性－機械の電気機器－第 1 部：一般要求事項　10.2 項、10.3 項、12 項

5.2.4.1　リスク低減のための表示に関する一般要求(IEC 61310-1)

(1) 安全関連情報を適切なシグナルを用いて作業者へ提供する。

(2) 手動制御器上、又はその近くに適切なマーキングにより識別する。

(3) 能動的シグナルは、危険をシグナル表示し、作業者に特定の動作を取らせるものとする**(図表 5.2-12 参照)**。

(4) 受動的シグナルは、恒久的に存在するリスクを警告し、危害の発生を回避するための情報を与えるものとする**(図表 5.2-12 参照)**。

(5) 全ての安全に関連する情報を示すシグナルは、想定する全ての作業者に明確に示されるものとする。

(6) 全ての安全に関連する情報を示すシグナルは、機械や取扱説明書を含めた全体を通じて矛盾があってはならない。

(7) 全ての安全に関連する情報を示すシグナルは、設備の故障や機能喪失による結果を考

慮する。

(8) 全ての安全に関連する情報を示すシグナルは､想定する全ての作業者の能力を考慮し、可能な限り視覚シグナルを用いる。ただし、過剰な視覚シグナルは、安全関連情報の容易な認識を難しくするので、注意しなければならない。

シグナルの種類	視　覚	聴　覚
能動的	・色の表示、又は変更 ・光の点灯、又は明るさの変更 ・コントラストの変更 ・フラッシュの発信 ・位置の移動	・音の発信、又は発信している周波数の変更 ・発信している音の音圧レベルの変更 ・音色の変更
受動的	・安全記号の機械への貼付 ・補助記号の機械への貼付 ・各種マーキングの機械への貼付 ・形状や色による識別	無　音

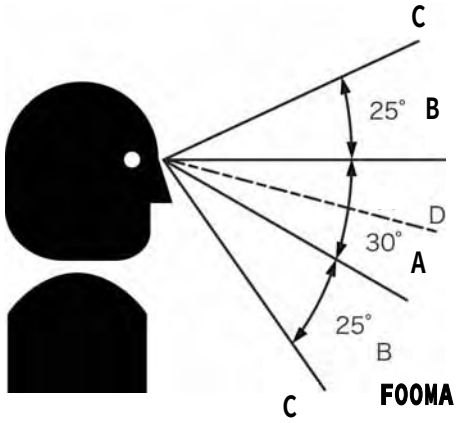
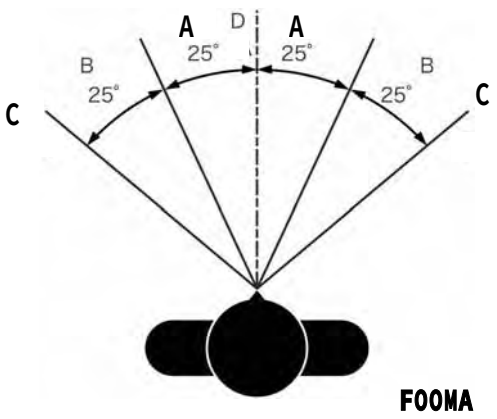
図表 5.2-12　視覚と聴覚によるシグナルの例

5.2.4.2　表示灯、表示器の一般概要(IEC 60204-1 10.2)

(1) 表示灯及び表示器が表す色と情報の種類(意味)は、以下の**図表 5.2-13** に従う。

色	意　味	説　明	作業者に求める行動
赤	非　常	・危険な状態	・危険な状態への即時対応
黄	異　常	・異常状態 ・危険が差し迫った状態	・監視及び/又は介入 例：意図する機能の再設定
緑	正　常	・正常な状態	・定常状態時の行動
青	強　制	・作業者の行動を必要とする状態	・必要な行動
白	中　立	・赤、黄、緑、青、の使用に当てはまらないその他の状態。他の色を使用するとまぎらわしい時等	・監視

図表 5.2-13　表示灯、表示器が示す色とそれぞれが示す情報の意味

垂直視野の区域	水平視野の区域
	
区域Ａ：推奨区域　　区域Ｂ：Ａが不可能な場合、受け入れ可能 区域Ｃ：受け入れ不可　　区域Ｄ：自然な視線の中央線	

図表 5.2-14　　視覚により安全関連情報を示す位置(IEC 61310-1)

5.2.4.3　色の一般原則(ISO 3864 IEC 61310-1　5.2.1)

(1) 安全色は幾つかの国際的な規格で定められているが、規格により色座標の一部が異なる場合がある。以下に示す**図表 5.2-15** は、色合わせとしてではなく、国際的に認知されたカラーオーダーシステムの例を示す(**図表 5.2-16** も合わせて参照)。

色	意味・目的	使用例	色コード(参考値)			対比色[1]
			JIS Z 9101[2]	ISO 3864-1[2]	ANSI Z 535.1	
赤	禁止 停止 高度の危険 防火	・禁止標識 ・非常停止ボタン、停止信号 ・火薬警標、火薬類の表示 ・防火標識、配管系識別の消化表示	7.5R 4/15	7.5R 4/15	7.5R 4/14	白／黒
黄赤	危険	・危険標識、配管系識別の危険表示、スイッチボックスのふたの内側、機械の安全カバーの内面、露出歯車の側面、目盛板の危険範囲	2.5YR 6/14	—	5YR 6/15	黒
黄	注意	・注意標識、低い梁(はり)、衝突の恐れのある柱、床上の突起物、床面縁、電線の防護具、	2.5Y 8/14	10YR 7/14	5Y 8/12	黒
緑	安全 避難 衛生、救護、保護	・安全指導標識 ・誘導標識、非常口の方向、回避所の位置 ・衛生指導標識、救護標識、保護具箱、救急箱、救護所の位置	10G 4/10	5G 4/9	7.5G 4/9	白／黒
青	義務的行動指示	・指示標識 ・保護眼鏡の着用、修理中・運転休止箇所を示す標識、 ・スイッチボックスの外面等	2.5PB 3.5/10	2.5PB 3/10	2.5PB 3.5/10	白／黒

注 1)“対比色(Contrast color)”とは、安全色を引き立たす為に、必要に応じて使用する色。
注 2)JIS 及び ISO の色コードは，正式には XYZ 表色系（CIE 表色系）で規定されている。しかし、実際の色指定では実用的でないため、JIS では，HV/C 表色系（修正マンセル表色系）を参考値として規定しているので，ここではこの値を記載する。
ISO は、XYZ 表色系のみであるが、前述の理由により JIS と同様、HV/C 色素系の値を記載した。

図表 5.2-15　安全色彩の一般原則

補助色	JIS Z 9101	ISO3864-1	ANSI Z 535.1
白	N9.5	N9.5	N9.0
黒	N1	N1	N1.5

図表 5.2-16　対比色の参考色コード

5.2.4.4　聴覚シグナル(IEC 61310-1　5.3)

音が示す主な情報と種類(意味)は、**図表 5.2-17** に従う。

意　味	使用可能な音による信号の種類
危険状態 **保護又は救助を要する**	①掃引〔そういん(sweep)〕音（ある一定の周波数帯を連続的に通過する音） ②破裂音 ③トーンピッチの変化(義務又は優先行為用;2、3 種の周波数ステップ) ※緊急事態は、高速リズム又は非共振により伝達する
注意状態 **必要に応じて、表示される行為を取ることを勧める警告**	①一定ピッチの時間で区切られる音の繰り返し(最短は、0.3 秒) ②異なる時間の長さで区切られる音の組み合わせは、２種類のみ許される ③音の鳴るピッチが一定の場合、全ての音の 0.4Hz は最低重複する
安全状態の回復 **ハザード状態の全解除**	①連続音(最低 30 秒の一定ピッチ)
指示 **情報アナウンス**	①2 トーン・チャイム(高低非反復)に指示事項、メッセージが続く

図表 5.2-17　音が示す情報と種類

備考：
赤－機械の異常発生時に点灯
黄－機械の段取り・準備作業時に点灯
緑－機械システムの正常作動時に点灯

備考：機械システムが正常作動時に緑のパネルが点灯
機械異常時に、赤いライトが点灯

図表 5.2-18　機械の動作状態を示すライトの例
（協力：㈱武蔵野フーズ）

5.2.5　上肢(手や腕)の危険区域到達防止のための安全距離

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.1

機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□ISO 13852:1996(JIS B 9707)

機械類の安全性－危険区域に上肢が到達することを防止するための安全距離

5.2.5.1　規格概要(ISO 13852 1.)

(1) ISO 13852 は、3 歳以上(ここでは 14 歳以上のデータのみを紹介する)の人の上肢（手や腕）が危険区域に達しないようにするための安全距離値を定めている。

(2) 距離による安全方策は、適切な安全が距離のみによって達成される時に適用される。

備考：安全距離は、例えば放射線や物質の放出といった危険から、作業者を十分に保護するわけではない。このような危険に対しては他の策を講じる必要がある。

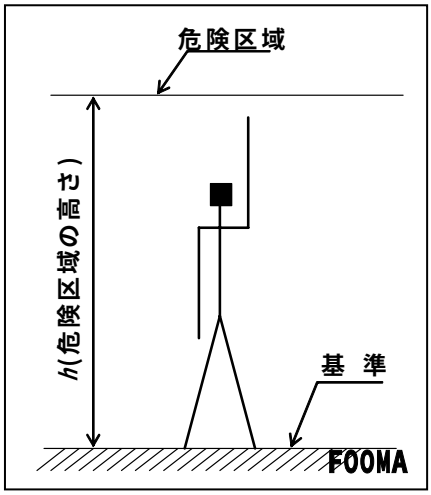
(3) 安全距離は、追加的な保護器具を用いることなく、作業中に危険区域へアクセスしようとする作業者を保護するものである。

(4) ISO 13852 は、例えばテストフィンガーの使用といった特定の試験手順が記されているある種の電気規格〔IEC 529(電気機械器具の防水試験及び固形物侵入に対する保護等級)等〕が対象とする機械には、適用できない。

(5) 妥当な理由がある場合、ISO 13852:1996 が定める安全距離以外の値の使用は認められる場合がある。そのような場合は、採用した値に関する安全の妥当性を明示しなければならない。

5.2.5.2　上方の危険区域への手の到達

上部に危険源が存在する場合の安全距離は**図表 5.2-19、5.2-20** 参照。



図表 5.2-19　上方への安全距離

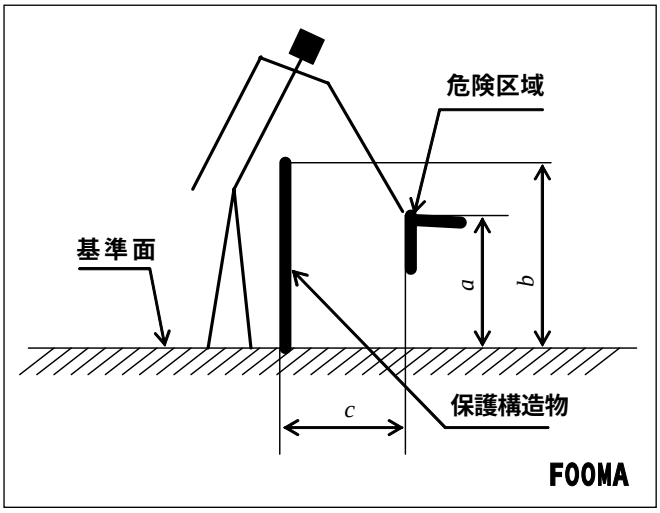
	h:危険区域の高さ
上部にある危険源のリスクが低い場合	・2500mm 以上
上部にある危険源のリスクが高い場合	・2700mm 以上、又は ・他の安全方策

図表 5.2-20　危険区域の高さ

5.2.5.3　保護構造物を超えた危険区域への手の到達

(1) 安全距離の考え方

任意の空間に存在する危険区域の周囲に保護物を設置する場合の安全距離は**図表 5.2-21**、及び **5.2-22**、**5.2-23** を参照し、リスクを考慮した適切な距離を定める。



a:危険区域の高さ[1)]
b:保護構造物の高さ[1)]
c:危険区域への水平距離[1)]

注 1)安全距離はリスクに応じて異なる。
・低リスク：**図表 5.2-22**
・高リスク：**図表 5.2-23** 又は他の方法

図表 5.2-21　保護構造物を超えた危険区域への手の到着

(単位：mm)

b / a	1000 [1)]	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500
	c								
2500 [2)]	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2400	100	100	100	100	100	100	100	100	—
2200	600	600	500	500	400	350	250	—	—
2000	1100	900	700	600	500	350	—	—	—
1800	1100	1000	900	900	600	—	—	—	—
1600	1300	1000	900	900	500	—	—	—	—
1400	1300	1000	900	800	100	—	—	—	—
1200	1400	1000	900	500	—	—	—	—	—
1000	1400	1000	900	300	—	—	—	—	—
800	1300	900	600	—	—	—	—	—	—
600	1200	500	—	—	—	—	—	—	—
400	1200	300	—	—	—	—	—	—	—
200	1100	200	—	—	—	—	—	—	—
0	1100	200	—	—	—	—	—	—	—

注 1) 高さ(b)が 1000mm 未満の保護構造は、体の動作を十分に制限できないため含まない。
注 2) 2500mm 越える危険区域の高さ(a)については、5.2.5.2 を参照。

図表 5.2-22　防護構造からの上肢安全距離【低リスク】

(単位：mm)

b / a	1000 [1]	1200	1400 [2]	1600	1800	2000	2200	2400	2500	2700
	c									
2700 [3]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	—
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100	—
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	—	—
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400	—	—	—
1800	1500	1400	1100	900	800	600	—	—	—	—
1600	1500	1400	1100	900	800	500	—	—	—	—
1400	1500	1400	1100	900	800	—	—	—	—	—
1200	1500	1400	1100	900	700	—	—	—	—	—
1000	1500	1400	1000	800	—	—	—	—	—	—
800	1500	1300	900	600	—	—	—	—	—	—
600	1400	1300	800	—	—	—	—	—	—	—
400	1400	1200	400	—	—	—	—	—	—	—
200	1200	900	—	—	—	—	—	—	—	—
0	1100	500	—	—	—	—	—	—	—	—

注 1) 高さ(b)が 1000mm 未満の保護構造物は、体の動作を十分に制限できないため含まない。
注 2) 高さ(b)が 1400mm 未満の保護構造物は、他の安全策を追加しなければ使用できない。
注 3) 2700mm を超える危険区域(a)については、5.2.5.2 を参照。

図表 5.2-23　防護構造からの上肢安全距離【高リスク】

(2) 安全距離の算出方法

次の手順に従い算出する。

①表中の値がそのまま使用出来る場合の算出

a、**b** 及び **c** の値により必要な値を求める。

②表中の中間値になる場合の算出

a、**b** 及び **c** のわかっている値が、表にある二つの値の中間にある場合には、安全のより高い水準を提供する方の値を使用する。例を**図表 5.2-22** の値を用いて説明する。

例 1: 低リスクの**危険源で、a** と **c** がわかっているときの保護構造の高さ **b** を求める。

危険区域の高さ **a** が **1500mm**（**a** に **1600mm** の欄をとる）で、その当該保護構造からの水平距離 **c** が **700mm**（**c** に **500mm** の欄をとる）である。

図表 5.2-22 より、保護構造の高さ **b** は少なくとも **1800** ㎜になる。

例 2: 低リスクの**危険源で、a** と **b** がわかっているときの危険区域の水平距離 **c** を求める。

保護構造の高さ **b** が **1300mm**(**b** に **1200mm** の欄をとる)で、危険区域の高さ **a** が **2300mm**（**a** に **2200mm** の欄をとる）である。

図表 5.2-22 より、危険区域からの保護構造の水平距離 **c** は少なくとも **600mm** になる。

例 3:低リスクの**危険源で、b** と **c** がわかっているときの危険区域の高さ **a** を求める。
保護構造の高さ **b** が **1700mm**（**b** に **1600mm** の欄をとる）で、危険区域からの水平距離 **c** は **550mm**（**c** に **500mm** の欄をとる）である。
図表 5.2-22 より、危険区域の高さ **a** は **2200mm** 以上ということになる。

5.2.5.4　開口部から上肢(腕や手)が危険区域に届かない安全距離

(1) **図表 5.2-24** は **14** 歳以上の人を対象とした、通常の開口部に対する安全距離を示す。
14 歳未満を考慮する必要がある場合は、**ISO 13852 4.5.2** 参照。

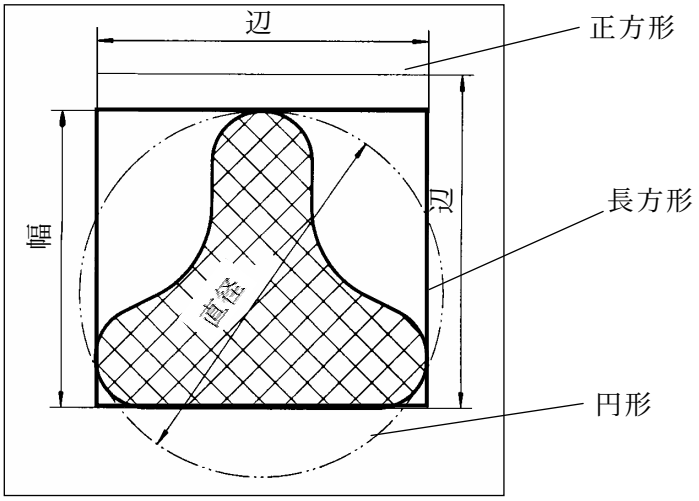
(2) 開口部の寸法**(e)**は正方形状開口部の辺,円形状開口部の直径そして長方形状の開口部の幅に相当する。

(3) 不規則な形の開口部については、次の手順で開口部寸法を決定する。

①不規則な形の開口部が完全に入る次の **3** 点の寸法を調べる**（図表 5.2-24 参照）**
- 最小の「円形」状開口部の直径
- 最小の「正方形」状開口部の辺
- 最狭「長方形」開口部の幅

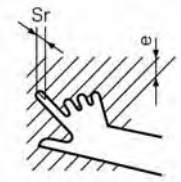
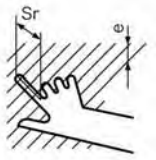
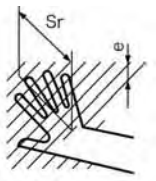
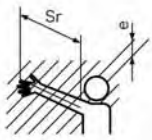
②上記で、調べた３つの値について、**図表 5.2-25** を用いてそれぞれに該当する「安全距離」を選択する。

③②で選択した３つの値の中で最短の安全距離を用いる。



図表 5.2-24　不規則な開口部寸法算出イメージ図

単位　mm

体の部位	安全距離(Sr)			
	開口部寸法 ＼ 形状	長穴状	正方形	円　形
指先 	e≦4	≧2	≧2	≧2
	4＜e≦6	≧10	≧5	≧5
指から指の関節 	6＜e≦8	≧20	≧15	≧5
	8＜e≦10	≧80	≧25	≧20
若しくは手まで 	10＜e≦12	≧100	≧80	≧80
	12＜e≦20	≧120	≧120	≧120
	20＜e≦30	≧850[1)]	≧120	≧120
指から肩の接合部 	30＜e≦40	≧850	≧200	≧120
	40＜e≦120[2)]	≧850	≧850	≧850

注 1) 長穴状開口部の長径の長さが≦65mm の場合には、母指が止めの役割を果たすので安全距離は 200mm まで短縮することができる。

注 2) 120mm より大きい開口部に関しては図表 5.2-22、5.2-23 の「上肢安全距離」を適用しなければならない。

備考 1：e は、開口部の許容される寸法を指す。

備考 2：開口部の寸法 e は、「正方形の開口部の辺」、「円形開口部の直径」、「長方形開口部の最も狭い寸法」に相当する。

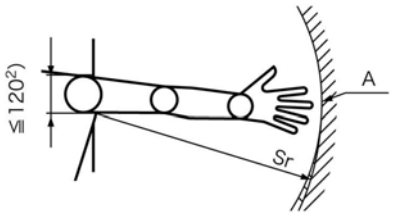
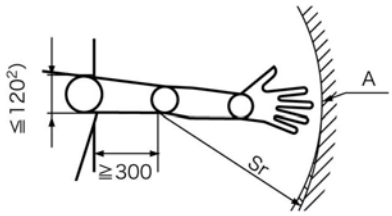
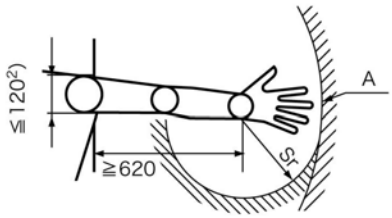
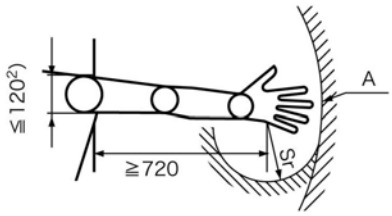
図表 5.2-25　開口部からの上肢安全距離

5.2.5.5　開口部から上肢（腕や手）を入れた場合の周囲の安全距離（対象 14 歳以上）

(1) 開口部の中に保護具がない場合，及び開口部と同一平面に保護具がある場合は、**図表 5.2-26** を適用する。

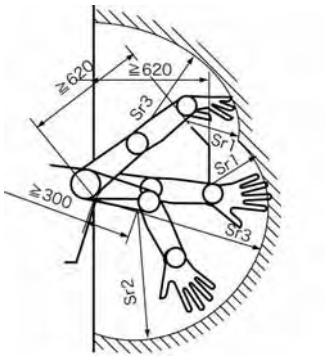
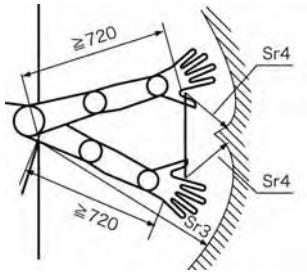
(2) 開口部内に開口部と同一平面でない追加保護具を設置した場合は、**図表 5.2-27** を適用する。

(単位：㎜)

動作の制限	安全距離 Sr	内　　容
肩及び腋高に於いてのみ動作を制限	≧850	
肘までの腕の支え	≧550	
手首までの腕の支え	≧230	
指のつけ根の関節までの腕と手の支え	≧130	
A は腕の動作の範囲 **注 1)開口部が 120 ㎜を超える場合には図表 5.2-22、5.2-23 による。** **注 2)「円形開口部の直径」「正方形開口部の辺」「長方形開口部の幅」**		

図表 5.2-26　開口部から上肢を入れた場合の安全距離

(単位：mm)

動作の制限	安全距離	内　　容
肩とわきの下における動作の制限。 二つの別々の保護構造で、一つは手首からの動作を可能にし、もう一つは肘からの動作を可能にするものである。	$Sr_1 \geqq 230$ $Sr_2 \geqq 550$ $Sr_3 \geqq 850$	
肩とわきの下における動作の制限。 指から指のつけ根の関節までの動作を可能にする単独の保護構造。	$Sr_3 \geqq 850$ $Sr_4 \geqq 130$	

図表 5.2-27　開口部内に追加保護具を設置した場合

5.2.6　下肢(足や脚)の危険区域到達防止のための安全距離

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.1

機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□ISO 13853:1998(JIS B 9708)

機械類の安全性－危険区域に上肢が到達することを防止するための安全距離

5.2.6.1　規格概要(ISO13853 1.)

(1) ISO 13853 は、14 歳以上の人の下肢（足や脚）が危険区域に達しないようにするための安全距離値を定めている。

(2) 距離による安全方策は、適切な安全が距離のみによって達成される時に適用される。

備考：安全距離は、例えば放射線や物質の放出といった危険から、作業者を十分に保護するわけではない。このような危険に対しては他の策を講じる必要がある。

(3) 開口部に関する安全距離は、作業中に危険区域へアクセスしようとする作業者を保護するものである。

(4) 危険区域へのアクセスを防止する距離は、床からの“保護構造物”の高さに関係する。このような保護構造物は、下肢の危険区域へのアクセスの制限に役立つ。

(5) 14 歳未満の身体寸法を考慮しなければならないときは、**5.2.5.4** 参照。

(6) 妥当な理由がある場合、**ISO 13853** が定める安全距離以外の値の使用は認められる場合がある。そのような場合は、採用した値に関する安全の妥当性を明示しなければならない。

5.2.6.2　安全距離の値

(1) 開口部を通して下肢が届く場合

開口部を通して下肢が届く場合の安全距離を**図表 5.2-29** に示す。**図表 5.2-28** により、安全距離を算出するために考慮する事項及び方法は次の通り。

①**180** ㎜以上の長方形の開口部、及び **240** ㎜以上の正方形または円形の開口部は、人体全身が出入りできるので、適用できない。

②開口部の寸法**(e)**は、正方形状開口部の辺、円形状開口部の直径、及び長方形状の開口部の最短幅に相当する。

③不規則な形の開口部については、次の手順で開口部寸法を決定する。

a)不規則な形の開口部が完全に入る次の **3** 点の寸法を調べる（**図表 5.2-28 参照**）

・最小の「円形」状開口部の直径

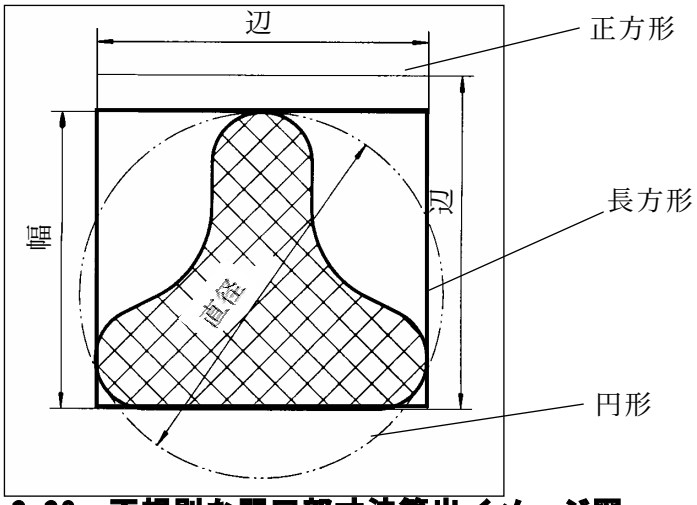
・最小の「正方形」状開口部の辺

・最狭「長方形」開口部の幅

b)上記で、調べた **3** つの値について、**図表 5.2-29** を用いてそれぞれに該当する「安

全距離」を選択する。

c)上記 **b)**で選択した三つの値の中で最短の安全距離を用いる。



図表 5.2-28　不規則な開口部寸法算出イメージ図

(2) 保護構造物下部空間からの下肢安全距離

保護構造物を通して下肢が届く場合の安全距離を**図表 5.2-30** に示す。**図表 5.2-29** により、安全距離を算出するために考慮する事項及び方法は次の通り。

①立っている位置から何らささえを用いない場合の安全距離を示す。

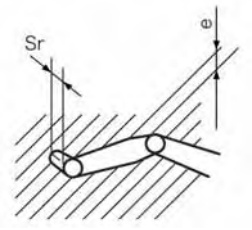
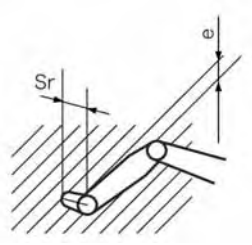
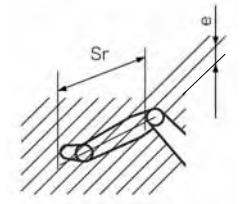
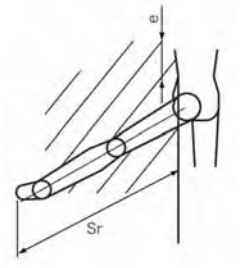
②保護構造物下面の高さ**(h)**が表内の数値の中間値である場合は、より高い方の高さ**(h)**に対する安全距離を適用する。

③保護構造物を用いた安全方策は、限定された保護を提供する。そのため多くの場合において、他の方法がより適切な安全方策となる。

④上肢（手や腕）の接近を制限したり、又全身が危険区域へ接近したりすることを防止するために、追加措置が必要となる場合がある。

⑤スリップ又は誤用のリスクがある場合、**図表 5.2-31** の数値を適用することは不適当となる場合がある。

（単位　mm）

体の部位		開口寸法	安全距離(Sr)	
			長方形	正方形・円形
つま先		e≦ 5	0	0
足指		5＜e≦15	≧10	0
		15＜e≦35	≧80[1)]	≧25
足		35＜e≦60	≧180	≧80
		60＜e≦80	≧650[2)]	≧180
つま先から ひざまで		80＜e≦95	≧1 100[3)]	≧650[2)]
つま先から 股まで		95＜e≦180	≧1 100[3)]	≧1 100[3)]
		180＜e≦240	不許可	≧1 100[3)]

注 1) 長穴状開口部の長径の長さが、≦75 mmの場合は，安全距離は 50 mmまで縮小することができる。

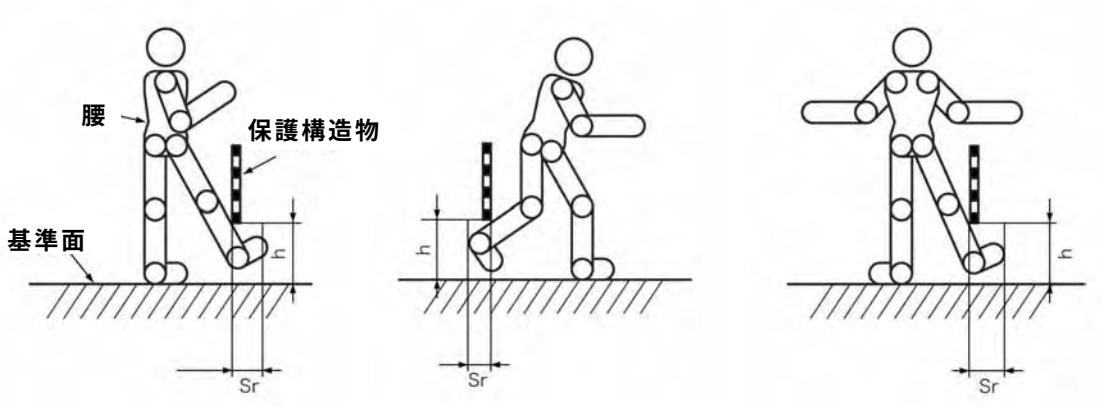
注 2) 数値は「膝までの脚部」に相当する。

注 3) 数値は「股までの脚部」に相当する。

備考 1：ｅは、開口部の許容される寸法を指す。

備考 2：開口部の寸法ｅは、「正方形の開口部の辺」、「円形開口部の直径」、「長方形開口部の最も狭い寸法」に相当する。

図表 5.2-29　開口部からの下肢安全距離（14 歳以上）



ケース 1　　ケース 2　　ケース 3

h　:保護構造物までの高さ

Sr：危険源への接触を防止する安全距離

図表 5.2-30　保護構造物下部空間からの下肢安全距離

(単位　mm)

保護構造物までの高さ(h)	安全距離(Sr)		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
h≦200	≧　340	≧　665	≧　290
200＜h≦400	≧　550	≧　765	≧　615
400＜h≦600	≧　850	≧　950	≧　800
600＜h≦800	≧　950	≧　950	≧　900
800＜h≦1 000	≧1 125	≧1 195	≧1 015

図表 5.2-31　保護構造物下部空間からの下肢安全距離見積り表

5.2.7　危険箇所の最小隙間

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.1

機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□ISO 13854:1996(JIS B 9711)

機械類の安全性－人体部位が押しつぶされることを回避するための最小すきま

5.2.7.1 最小隙間に関する規格利用の一般要求(ISO 13854 1、3.1、4.1)

(1) 押しつぶしのハザードに関するリスク低減にだけ適用することができる。衝撃、せん断､引き込み等､他のハザードを回避するための方策として利用することはできない。

(2) 押しつぶしの区域(CRUSHING ZONE)とは、人体又は人体の各部が押しつぶしの危険にさらされる区域で、押しつぶしは次の条件で生じる。

①二つの可動部がそれぞれ向かい合って移動する場合。

②一つの可動部が固定部に向かって移動する場合

(3) ISO 13854 を利用する場合は、次の手順に従う。

①押しつぶしのハザードを抽出し、リスクの見積りを行う。

②圧砕の危険から生じるリスクが人体の部分を含むと予測できる場合、**図表 5.2-32** の最小隙間 **a** を適用する。

③人体各部が、**図表 5.2-32** に示す形態と異なる形態で押しつぶしの区域へ侵入するか検討する。

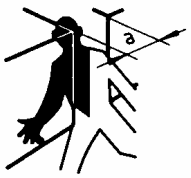
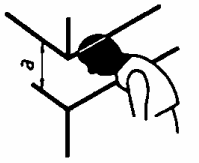
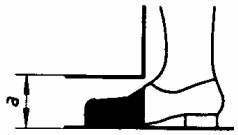
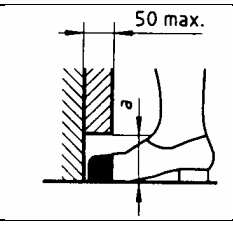
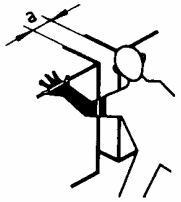
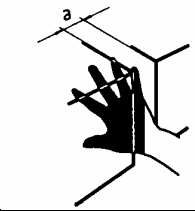
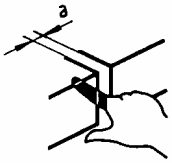
④厚い又はかさばった衣服（例えば、高温に対する保護服)、あるいは工具の考慮が必要か検討する。

⑤足の有効寸法を大きくする厚底の履物（例えば, サンダル）を履いた人が機械を操作する可能性があるか検討する。

⑥適切な安全が**図表 5.2-32** から選択する最小間隙により確保されない場合、他の方策や追加の方策を使用する〔例：ISO 13852(5.2.5)等〕。

製品の仕様に基づく形状や用法などの、特殊な事情がある場合、**図表 5.2-32** の最小の間隙に適合しない寸法の採用が正当と認められることもある。このような寸法を採用する時は、どのように安全性が達成されるのか、科学的な根拠を明示しなければならない。

（単位　mm）

人体の部位	最小間隙　a	図　示
身体	500	
頭（最悪の位置）	300	
脚	180	
足	120	
足指	50	
腕	120	
手 手首 握りこぶし	100	
指	25	

図表 5.2-32　危険箇所の最小隙間

5.2.8　人間工学的設計のための人体寸法

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第２部：技術的原則

□ISO 7250:1996〔JIS Z 8500〕
人間工学－設計のための基本人体測定項目

□ISO 15534-1:2000〔 JIS 未設定 〕
機械の安全性のための人間工学的設計－第 1 部:機械内部に全身アクセスするための開口部に要求される寸法決定の原則

□ISO 15534-2:2000〔 JIS 未設定 〕
機械の安全性のための人間工学的設計－第 2 部:開口部にアクセスするために要求される寸法決定の原則

□ISO 15534-3:2000〔 JIS 未設定 〕
機械の安全性のための人間工学的設計－第 3 部：人体の寸法

5.2.8.1　人体寸法データ(ISO 7250)

ここに記載する人体寸法データは、欧米の規格に掲載されている寸法の他に、我が国の文献にて紹介されているデータをまとめたものである。これらの寸法データは、国や測定年により異なる。設計の際には最新のデータを参照すると共に、余裕値を十分に検討しなければならない。

(1) 概要

以下に例示するような人間工学的設計の検討には、人体寸法データは不可欠である。

①上肢（手や腕)、下肢（足や脚）が危険区域に届かない安全距離。
②人体の一部が圧砕されない距離。
③機械設備に接近するための寸法決定（全身のアクセス及び人体の一部がアクセスする開口部の寸法)。
④機械設備の操作個所の高さ及び操作部分の寸法。
⑤作業、操作エリアに確保する空間。

以上のように作業者が関与する大部分は人体寸法を考慮した設計が必要である。しかし、人体寸法（裸体）は、次のような点に注意しなければならない。

①作業者の出身国（**図表 5.2-33** に参考迄に身長の国際比較を示す)。
②測定年代（**図表 5.2-34** に日本人の 20 才男女の身長、体重、胸囲及び座高の時代別平均値を示す)。

③性別（男女の別）。
④実作業において着用する、衣服、靴及び安全帽等を考慮した補正(余裕値)。

ここでは、ISO 規格の測定データに、米国及び日本のデータを参考までに併記している。これらのデータは 5th（P5）、95th（P95）及び 99th（P99）といったパーセンタイル（PERCENTILE）の値で示している。

備考 1：5 パーセンタイルとは対象人口の 5%以下が記載データより小さく、95 パーセンタイルとは対象人口の 5%以下が記載データより大きいことを意味する。
備考 2：身長の国際比較に関する資料には「身長国際比較(人間工学基準数値数式便覧：佐藤方彦監修,技報堂)」がある。

記号	人体測定値の記号説明
h_1	身長
h_8	足首の高さ（固定値 96mm）
a_1	肘と肘との間の幅
a_3	親指を含む手の幅 (掌骨位置の手の幅(手幅)×規定係数 1.25)
a_4	掌骨位置の手の幅(手幅)
a_5	人差し指の幅（基部）
a_6	足の幅
b_1	胴体（胸部）の厚み　立ち姿勢
b_2	グリップの届く距離　前方に手の届く範囲
b_3	手のひらの厚み（固定値 30mm）
b_4	親指位置の手のひらの厚み（固定値 35mm）
c_1	大腿部の長さ
c_2	足の長さ
c_3	鼻の先端からの頭部長さ(頭長)＋固定値 30mm
d_1	上腕部直径　（固定値 121mm）
d_2	下腕部直径　（a_4×規定係数 1.25）
d_3	握りこぶし直径×規定係数 1.25
t_1	操作する腕の長さ：つかめる範囲（固定値 275mm）
t_2	前腕部の届く距離：ひじから握れる範囲までの長さ （固定値 121mm）
t_3	横方向に腕の届く距離　（固定値 120mm）
t_4	手の長さ
t_5	親指までの手の長さ　（t_4×規定係数 0.58）
t_6	人差し指の長さ

備考：人体の測定項目については ISO7250 を参照

図表 5.2-33　人体測定値を表す記号一覧(ISO 15534)

単位：mm

記号	人体測定値の記号説明	人体測定値の算出に用いるデータ(参考)[1]	
		ISO 15534-3[2] :2000	ANSI/SAE J 833 :1989
h_1	身長　P95	1881	1880
h_1	身長　P99	1944	―
h_8	足首の高さ	96	94
a_1	肘と肘との間の幅　P95	545	500
a_1	肘と肘との間の幅　P99	576	―
a_3	親指を含む手の幅　P95	120	110
a_4	掌骨位置の手の幅　P95	97	94
a_5	人差し指の幅（基部）　P95	23	―
a_6	足の幅　P95	113	104
b_1	胴体（胸部）の厚み　P95	342	―
b_2	グリップの届く距離（前方）　P5	615	640
b_2	グリップの届く距離（前方）　P95	820	782
b_2	グリップの届く距離（前方）　P99	845	―
b_3	手のひらの厚み　P95	30	―
b_4	親指位置の手のひらの厚み　P95	35	―
c_1	大腿部の長さ　P95	687	648
c_1	大腿部の長さ　P99	725	―
c_2	足の長さ　P5	211	232
c_2	足の長さ　P95	285	284
c_2	足の長さ　P99	295	―
c_3	鼻の先端からの頭部長さ　P95	240	206+30=236
d_1	上腕部直径　P95	121	―
d_2	下腕部直径　P95	120	―
d_3	握りこぶし直径　P95	120	―
t_1	操作する腕の長さ　P5	340	(365)
t_2	前腕部の届く距離　P5	170	―
t_3	横方向に腕の届く距離　P5	495	―
t_4	手の長さ　P5	152	165
t_5	親指までの手の長さ　P5	88	(96)
t_6	人差し指の長さ　P5	59	―

注意 1)　日本人の人体測定値は、規格に掲載されていない。参考となる資料の一つに、(社)人間生活工学研究センターが発行する「日本人の人体計測データ」がある。この資料は、年代別に、母集団の 5 位、95 位等の百分位数に対応する値を掲載している。

注意 2)　ISO 15534-3 のデータは、欧州内における人体測定調査から得た情報に基づく。この数値を用いる際は、特に最小隙間の寸法について使用者の実態を考慮しなければならない。

図表 5.2-34　各国・地域における人体寸法測定データの比較一覧

5.2.8.2　作業者がアクセスする機械の開口部の寸法決定

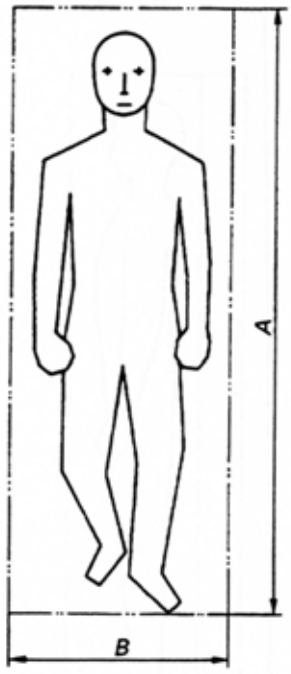
作業者がアクセスするために設ける機械開口部には、作業者が作業を実施するために必要な寸法を設けなければならない。開口部の寸法が不十分であると、作業者の動作・操作性や視認性を制限するため、構造自体がハザードになり得る。

開口部の安全な寸法は、作業内容、作業者の着衣、工具の携帯、作業姿勢、環境などの条件により異なる。そのため、設計者は前記の諸条件を考慮した「余裕値」を算出し、最適な寸法を確保しなければならない。

(1) 全身によるアクセス(ISO 15534-1)

作業者が全身全体でアクセスするための開口部寸法の見積り方について以下の通り規定する。見積りの際には人体測定値を適切な余裕値と組み合わせて使用しなければならない。

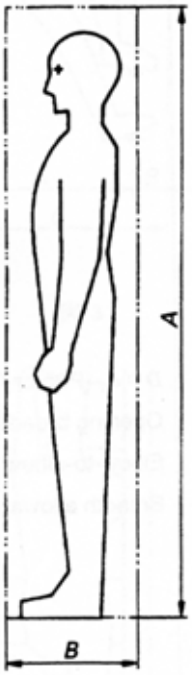
①直立姿勢で水平に前進するための開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = h_1(P95^{1)}$ 又は$P99^{2)}) + x$ $B = a_1(P95$ 又は$P99) + y$ 【記号説明】 A：開口部の高さ B：開口部の幅 h_1：身長 a_1：肘と肘との間の幅 x：高さの余裕値 y：幅の余裕値 【余裕値[3)]】 ○高さの参考余裕値 基準余裕値：50mm、　重い靴等：40mm 迅速な歩行、長時間の利用：100mm ヘルメットなどの保護具着用：60mm ○幅の参考余裕値 基準余裕値：50mm、　作業服：20mm 迅速な歩行、長時間の利用：100mm 破損しやすい服：100mm 厚手の服や保護衣着用：100mm

注意(1)：P95　予測される利用者の母集団の百分位数の 95 位
注意(2)：P99　予測される利用者の母集団の百分位数の 99 位
注意(3)：余裕値は、幾つかの条件が重複する場合、これらを単純に加算するものではない。各社の専門家が重要な条件を判断し、全ての要素を統合し、最後に各方向に必要な余裕値の明確な数値を決定しなければならない

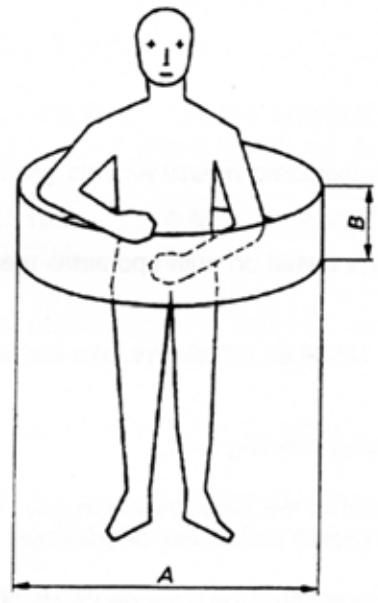
図表 5.2-35　直立姿勢で水平に前進するための開口部

②直立姿勢で短距離を水平に横移動するための開口部

図	計算方法、記号の説明
	**注：非常用出口は該当しない** 【計算式】 $A = h_1(P95) + x$ $B = b_1(P95) + y$ 【記号説明】 A：開口部の高さ B：開口部の幅 h_1：身長 b_1：胸部の厚み x：高さの余裕値 y：幅の余裕値 【余裕値】 **図表 5.2-35 参照**

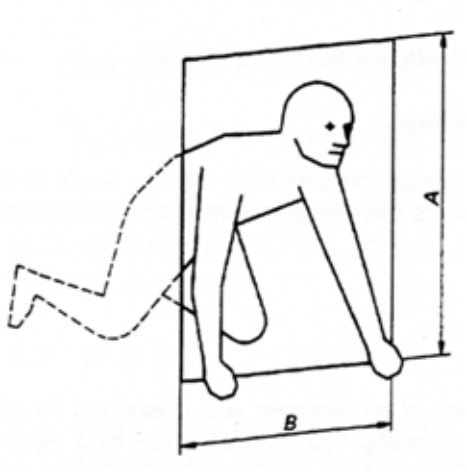
図表 5.2-36　直立姿勢で短距離を水平に横移動するための開口部

③迅速な能動的動作を可能とするマンホール

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = a_1(P95$ 又は$P99) + x$ 【記号説明】 A：開口部の直径 B：通路の長さ(500mm 未満) a_1：肘と肘との間の幅 x：直径の余裕値 【余裕値】 ○xy の参考余裕値 基準余裕値：100mm、　　作業服：20mm 厚手の服や保護衣着用：100mm

図表 5.2-37　迅速な能動的動作を可能とするマンホール

④ひざまずいた姿勢で出入りする開口部

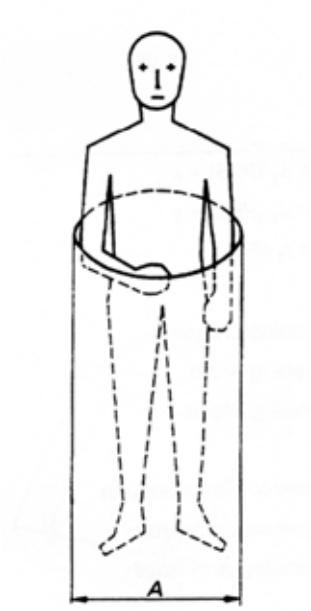
図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = b_2$(P95[1)] 又はP99[2)])+x $B = a_1$(P95 又はP99)+y 【記号説明】 A：開口部の高さ B：開口部の幅 b_2：前方に手の届く範囲 a_1：肘と肘との間の幅 x：高さの余裕値 y：幅の余裕値 【余裕値】 ○高さの参考余裕値 基準余裕値：50mm、　重い靴等：40mm 迅速な歩行、長時間の利用：100mm ヘルメットなどの保護具着用：60mm ○幅の参考余裕値 基準余裕値：50mm、　作業服：20mm 迅速な歩行、長時間の利用：100mm 破損しやすい服：100mm 厚手の服や保護衣着用：100mm

図表 5.2-38　ひざまずいた姿勢で出入りする開口部

(2) 身体の一部によるアクセス(ISO 15534-2)

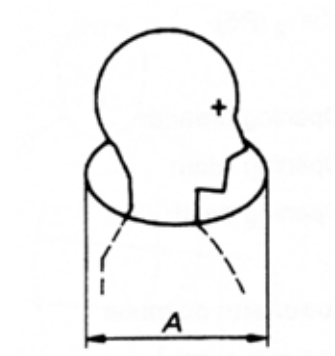
作業者の身体の一部を機械内部へアクセスするための開口部寸法の見積り方について以下の通り規定する。見積りの際には人体測定値を適切な余裕値と組み合わせて使用しなければならない。

①上体及び両腕を入れるアクセス用開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = a_1(P95^{1)}) + x$ 【記号説明】 A：開口部の直径 a_1：肘から肘までの幅 x：直径の余裕値 【余裕値】 ○直径 x の参考余裕値 開口部に入るための隙間：50mm、 作業服：20mm 厚手の服や保護衣着用：100mm 破損しやすい服：100mm

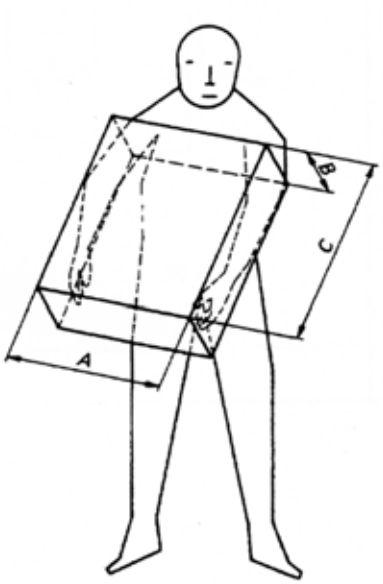
図表 5.2-39　上体及び両腕を入れるアクセス用開口部

②肩まで頭部を入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	**注：この種のアクセスは可能な限り設計時に回避する** 【計算式】 $A = c_3(P95) + x$ 【記号説明】 A:開口部の直径 c_3：鼻の先端からの頭部長さ x：余裕値 【余裕値】 ○直径 x の参考余裕値 頭を動かす隙間：50mm、 ヘルメットなどの保護具着用：100mm オイル等との接触を避けるため：100mm

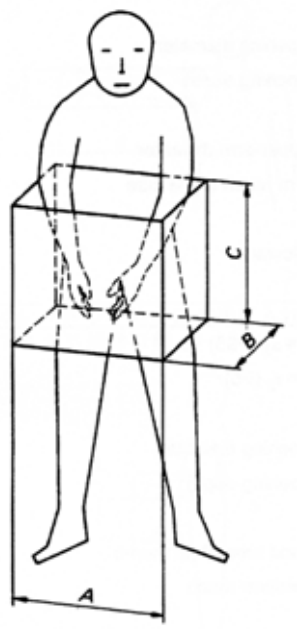
図表 5.2-40　肩まで頭部を入れる開口部

③両腕を入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = a_1(P95) + x$ $B = d_1(P95) + y$ $C = t_1(P5)$ 【記号説明】 A：開口部の横幅 B：開口部の縦幅 C：開口部の奥行き a_1：肘から肘までの幅 d_1：上腕部の直径 t_1：操作する腕の長さ x：横幅の余裕値 y：縦幅の余裕値 【余裕値】 ○xy の参考余裕値 基準余裕値：20mm、　　作業服：20mm 厚手の服や保護衣着用：100mm 破損しやすい衣類着用：100mm

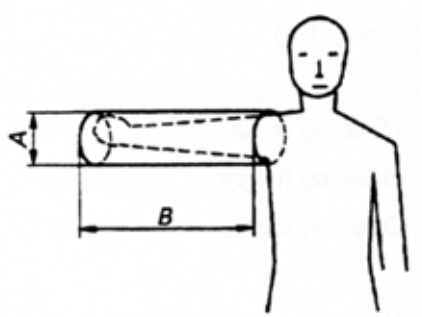
図表 5.2-41　両腕を入れる開口部

④両下腕をひじまで入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = 2d_2(P95) + x$ $B = d_2(P95) + y$ $C = t_2(P5)$ 【記号説明】 A：開口部の横幅 B：開口部の縦幅 C：開口部の奥行き d_2：下腕部の直径 t_2：前腕部の届く距離 x：横幅の余裕値 y：縦幅の余裕値 【余裕値】 ○xy の参考余裕値 基準余裕値：120mm

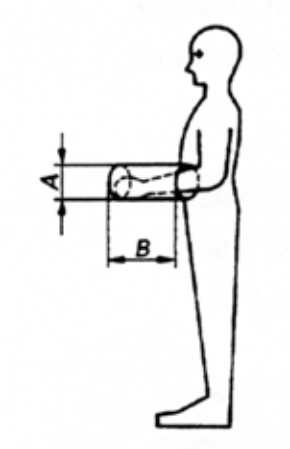
図表 5.2-42　両下腕をひじまで入れる開口部

⑤一方の腕を肩まで横方向に入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = d_1(P95) + x$ $B = t_3(P5)$ 【記号説明】 A：開口部の直径 B：開口部の奥行き d_1：上腕部の直径 t_3：横方向に腕の届く範囲 x：余裕値 【余裕値】 ○x の参考余裕値 **図表 5.2-41 参照**

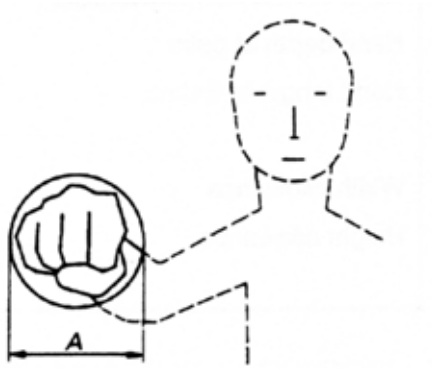
図表 5.2-43　一方の腕を肩まで横方向に入れる開口部

⑥一方の下腕を肘まで入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = a_3(P95) + x$ $B = t_2(P5)$ 【記号説明】 A：開口部の直径 B：開口部の奥行き a_3：親指を含む手の幅 t_2：前腕の届く距離 x：余裕値 【余裕値】 ○x の参考余裕値 **図表 5.2-41 参照**

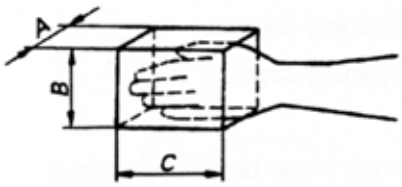
図表 5.2-44　一方の下腕を肘まで入れる開口部

⑦握りこぶしを入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = d_3(P95) + x$ 【記号説明】 A：開口部の直径 d_3：握りこぶしの直径 x：余裕値 【余裕値】 ○x の参考余裕値 基準余裕値：10mm、 腕保護具の使用：20mm

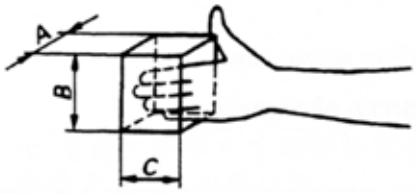
図表 5.2-45　握りこぶしを入れる開口部

⑧親指を含めた手を手首まで入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = b_4(P95) + x$ $B = a_3(P95) + y$ $C = t_4(P5)$ 【記号説明】 A：開口部の横幅 B：開口部の縦幅 C：開口部の奥行き a_3：親指を含めた**手の幅** b_4：親指部での手の厚み t_4：手の長さ x：幅の余裕値 y:高さの余裕値 【余裕値】 ○xy の参考余裕値 **図表 5.2-45 参照**

図表 5.2-46　親指を含めた手を手首まで入れる開口部

⑨親指の付け根まで手を入れる開口部

図	計算方法、記号の説明
	【計算式】 $A = b_3(P95) + x$ $B = a_4(P95) + y$ $C = t_5(P5)$ 【記号説明】 A：開口部の横幅 B：開口部の縦幅 C：開口部の奥行き a_4：中手骨部で**の手の幅** b_3**:**掌**(**しょう**)**部での手の厚み t_5：親指までの手の長さ x：幅の余裕値 y**:**高さの余裕値 【余裕値】 ○xy の参考余裕値 **図表 5.2-45 参照**

図表 5.2-47　親指の付け根まで手を入れる開口部

5.2.9　身体の接近速度に基づく保護設備の位置決め

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.1、5.2.5
機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□ISO 13855:2002〔JIS B 9715(予定)〕
機械類の安全性－人体部位の接近速度に基づく保護設備の位置決め

□IEC 61496-1:2004〔JIS B 9704-1〕
機械類の安全性－電気的検知保護設備－第 1 部：一般要求事項及び試験

□IEC 61496-2：1997〔JIS B 9704-2〕
機械類の安全性－電気的検知保護設備－第 2 部:能動的光電保護装置を使う設備に対する要求事項

5.2.9.1 保護設備の適正な位置設定手順(ISO 13855 4.)

安全装置の位置を設定する場合、安全装置と危険区域の最短安全距離を次の手順にて決定する。尚、最短安全距離の計算は **5.2.5**、**5.2.6** 項による。**図表 5.2-48** は、以下の手順をまとめたものである。

(1) 危険を明確にし，危険を評価する（リスク分析・評価表作成による)。

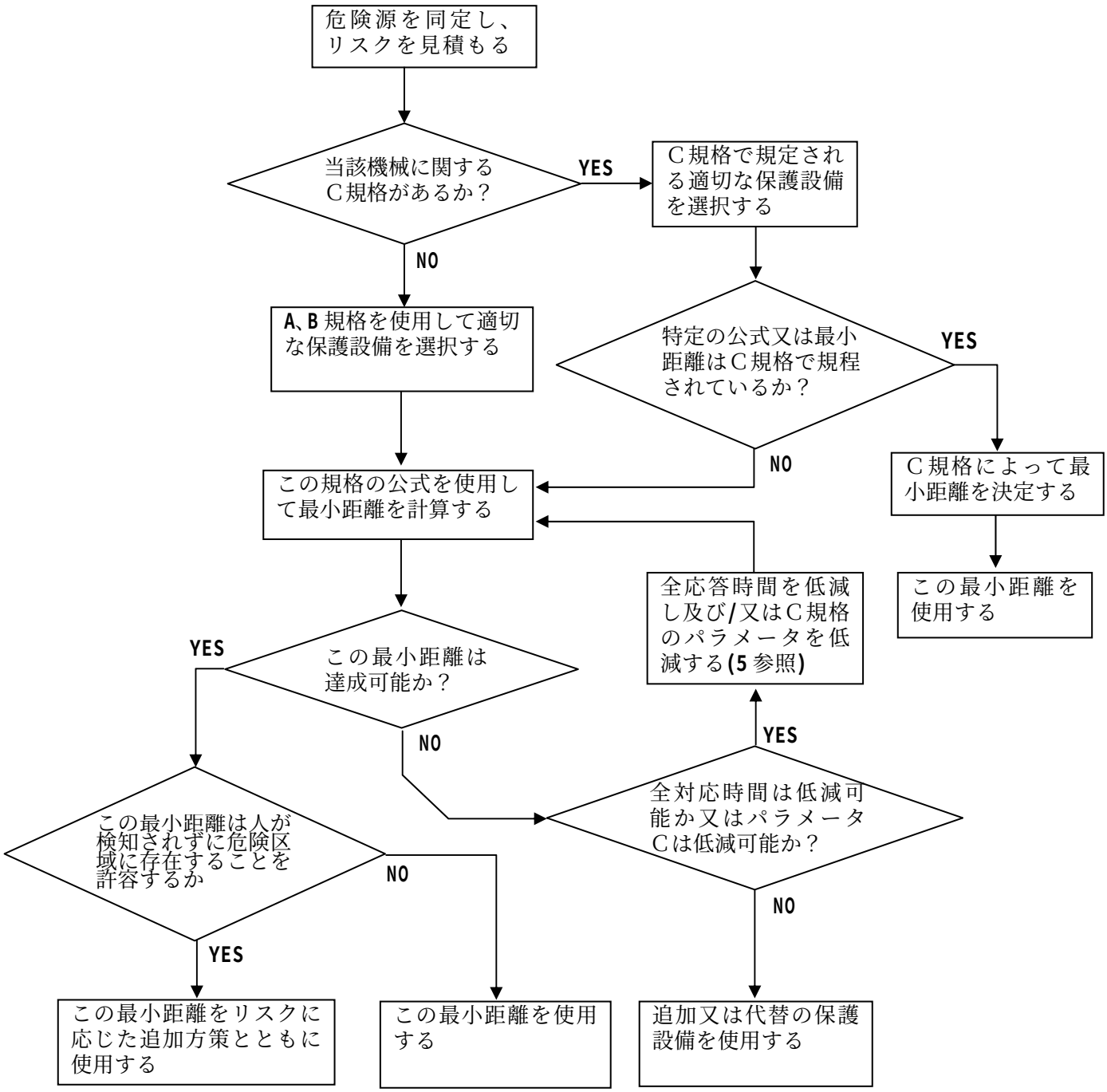
(2) 機械に対して製品規格がある場合は、その規格で許容される安全装置の内から１つを選び、その製品規格に規定された安全距離を使用する。

(3) 製品規格(タイプC規格)がない場合､又は製品規格で安全距離が規定されていない場合、タイプA、B[1)]規格に従って選択した保護設備からハザードまでの安全距離は、この規格が定める公式を用いて算出する。

(4) 機械の設計の際には、計算された安全距離を反映する。

(5) 安全距離が確保できない場合、リスクに応じた他の補助手段（例えば機械が停止しないとガードが開かない手段等）を検討し併用する。

注 1)　タイプ A、B、C：機械安全規格は、階層化構造を構成している。タイプ A は機械安全に関する概念や原則を規定する。タイプ B は多くの機械に共通する安全方策テクニックを規定する。タイプ C は個別の機械特有の安全方策を規定する(3.1.1(4)参照)。



図表 5.2-48　検知装置、作動装置の適切な位置決めのための系統的方法

5.2.9.2 安全距離の計算(ISO 13855 5.)

(1) 一般式

$$S = K \times T + C \quad \cdots\cdots \text{式 5.2-1}$$

S：最短安全距離(㎜)：危険区域から安全装置(検知個所)までの線上又は面上の距離。

K：人体又は人体一部の接近速度（㎜／s）

- 安全距離が 500 ㎜以下の場合・・・K＝2,000 ㎜／s
- 安全距離が 500 ㎜以上の場合・・・K＝1,600 ㎜／s

T：応答時間（秒）　T＝t1＋t2 となる。

- t1・・・安全装置の応答時間（安全装置の感知から制動装置が作動を開始する時間）
- t2・・・制動装置の作動から機械停止迄の時間

C：上記 T 時間前に起きる危険区域への進入による追加距離（㎜）

(2) 安全装置の種類による計算式と計算例

次の安全装置について、それぞれ計算式が定められている。

○光電式(能動型)電気検知保護設備　　○感圧マット

○両手操作制御装置　　○単独使用の HOLD-TO-RUN 制御装置

①光電式電気検知保護設備(受動的光電保護装置付き電気的検知保護設備)

手及び腕の進入の場合と身体の一部が進入する場合で計算式が異なる(**図表 5.2-49 参照**)。

(a) 計算式１：手又は腕の進入の場合

- 安全距離が 500 ㎜以下

$$S = (2{,}000 \times T) + 8(d - 14) \quad \cdots\cdots \text{式 5.2-2}$$

〔 K＝2,000mm/s　　C＝8(d－14)mm　(0 未満にはならない) 〕

- 安全距離が 500 ㎜以上

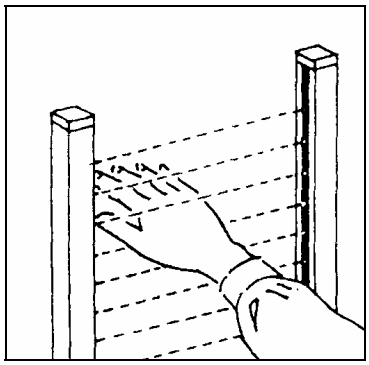
$$S = (1{,}600 \times T) + 8(d - 14) \quad \cdots\cdots \text{式 5.2-3}$$

〔 K＝1,600mm/s　　C＝8(d－14)mm　(0 未満にはならない) 〕

備考 1：C＝8(d－14)＝進入進度（光軸間隔が広い安全装置に対する安全距離追加分
d：連続遮光幅(光線式安全装置で検知できる丸棒の最小径。単位㎜)(検知能力)

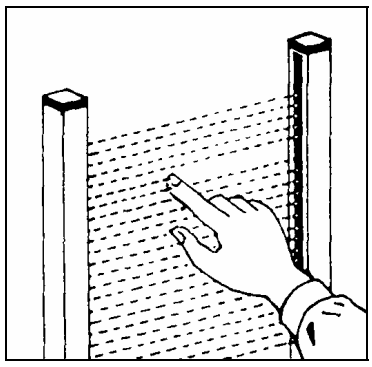
備考 2：日本の動力プレス機械構造規格〔労働安全衛生法第 42 条 労働省告示第 116 号（昭和 52 年 12 月 26 日付）第 50 条〕及び OSHA の動力プレス規格によると、安全距離に関係なく　S＝1,600×T　となっている(追加距離 C＝8(d－14)の規定なし)。

① 光軸間隔の広い安全装置



光軸間隔が広いため、光軸と光軸の間から手が入り込む分だけ安全距離を長くする必要がある。

② 光軸間隔を狭くした安全装置



光軸間隔が狭く,光軸と光軸の間から手が入り込まないために、安全距離を短縮できる。

図表 5.2-49　安全距離に追加する進入進度

(b)計算式 2：身体の一部が進入する場合

○連続遮光幅(検知能力)が 40mm～70mm の光線式保護(能動的光電保護)装置の場合

検知能力が **40mm～70mm** の設備は、手指等の進入を完全に検知することはできない。手指の進入に対する検知が必要ない場合に限り、使用することができる。

S＝(1,600mm/s×T)＋850mm・・・・・・・・・・・・・式 5.2-4

K＝1,600mm/S

C＝850

○多重光線式 (Multiple individual beam devices) の場合

2、**3**、又は **4** つの分離した光線を組み合わせ、人体全体の進入を検知するために用いる。**式 5.2-4** を用いて最小距離を算出する。

○検知区域に平行接近する場合

最小距離は以下の式を用いて算出する。

S＝(1,600mm/s×T)＋(1,200mm－0.4×H)・・・・・・式 5.2-5

K＝1,600mm/S

C＝1,200-(0.4×H(850mm 以上))

H：基準面から検知区域**(**最上段光線**)**までの高さ（**mm**）

備考 1：H は 1,000mm を超えてはならない。
備考 2：H が 300mm を超える場合には、検知区域の下方で検知できない不意の接近リスクがある。リスクアセスメントにより考慮しなければならない。

(単位 mm)

光線の本数	床面などの基準面からの高さ
4	300、 600、 900、 1,200
3	300、 700、 1,100
2	400、 900

図表 5-50　ISO 13855 に示される光線数 2、3 及び 4 本の寸法例

○高さが単一の光線式の場合

地面に対して平行に使用し、直立した人体によってその光線が遮断されることによって人体全体の進入を検知するために用いる。

S＝(1,600×T)＋1,200・・・・・・・・・・・・・・・・**式 5.2-6**

(c) 計算例

例 1　停止時間が 60ms(t1)である機械を連続光線幅 30 ㎜(d)、応答時間が 30ms(t2)である垂直形光線式を取付ける場合の最短安全距離(S)の算出。

計算式：**式 5.2-1** を利用

S＝2,000×T＋8（d－14）　（安全距離が 500 ㎜以下とする）

T＝30＋60＝90(ms)＝0.09s

d＝30mm

∴S＝2,000mm/s×0.09s＋8(30mm－14mm)

＝180mm＋128mm＝308mm

例 2　自動機械システムの近傍にある危険区域への不注意なアクセスを、光線式装置により検知する場合の最短距離の算出。

リスクアセスメントにより、災害発生の確率が小さい防護対策として多重光線式装置が適切であることが示されたので、3 本光線装置が選択された。機械の停止時間が約 300ms で、光線装置の応答時間が 35ms である。

図表 5.2-50 から、光線は床面から 300、700 及び 1,100 mmの所に設置する。

計算式：**式 5.2-4** を利用

S＝(1,600mm/s×T)＋850mm

T＝300＋35＝335(ms)＝0.335s

∴S＝(1,600mm/s×0.335s)＋850mm

S＝536mm＋850mm

S＝1,386mm

②感圧マット

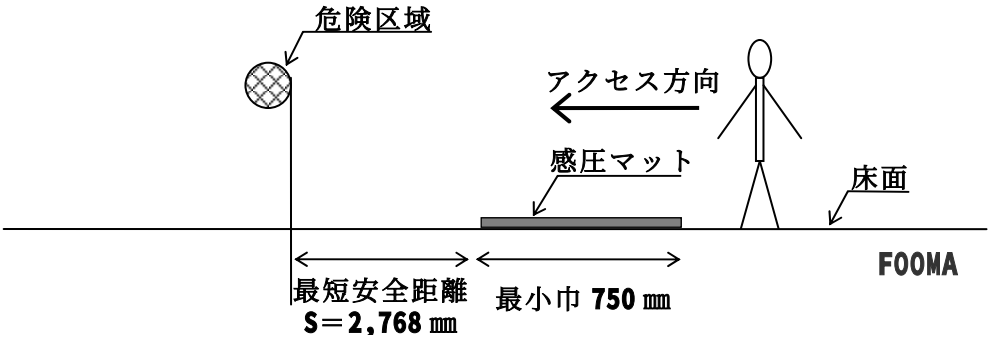
(a) 計算式（床に設置した場合）

S＝(1,600mm/s×T)＋1,200mm・・・・・・・・・・**式 5.2-7**

図表 5.2-51 参照

備考 1:危険区域への接近速度は、歩行速度を仮定している。

備考 2：感圧マットの最小幅は、危険区域へ検知されずにアクセスすることを防止するため、750mm とする。(750mm＝標準歩幅 700mm＋検知能力の余裕 50mm)



図表 5.2-51　感圧マットの幅と安全距離の関係

(b) 計算例

例 1　前記 5.2.9.2(2) ①(c) **例 2**　で示した多重光線式安全装置の代りに感圧マットを使用した場合。

計算式：S＝(1,600mm/s×T)＋1,200mm

T＝300＋35＝335(ms)＝0.335s

∴S＝(1,600mm/s×0.335s)＋1,200mm

S＝1,736mm

③両手操作制御装置

最も近い両手操作制御装置の操作部から、危険区域までの最小距離。

(a) 計算式

S＝(1,600mm/s×T)＋250mm・・・・・・・・・・**式 5.2-8**

K＝1,600mm/s

C＝250mm

備考 1：両手操作するコントロール部より危険区域に対して、手、腕、足等の人体の一部及び全身が、ガード等によりリスクが適切に低減されていれば、許容される安全距離 S は 100 ㎜で良い。

備考 2：日本の動力プレス機械構造規格〔労働安全衛生法第 42 条　労働省告示第 116 条（昭和 52 年 12 月 26 日付）第 46 条〕及び OSHA の動力プレス規格によると、安全距離 S は、S＝1,600×T のみで追加距離 250 ㎜の規定はない。

④単独使用の HOLD-TO-RUN 制御

(a) 計算式

S＝(1,600mm/s×T)＋250mm・・・・・・・・・・式 5.2-9

備考 1：HOLD-TO-RUN 制御部より危険区域に対して，手，腕，足等の人体の一部及び全身がガードにて保護されていれば，許容される安全距離 S＝100 mmで良い。

備考 2：この許容値は HOLD-TO-RUN 時，機械の移動量の限定，又は速度の減速が製品規格の規定値内にある時は適用しないこと。

5.2.10　接触可能な表面温度

関連規格

□ISO 12100-2:2003〔JIS B 9700-2〕 4.8.1、5.4

機械類の安全性―設計のための基本概念，一般原則－第 2 部：技術的原則

□EN 563:1994〔JIS未制定〕[1)]

機械の安全性－接触可能な表面の温度－高温表面の温度限界値を決定する人間工学的データ

注 1)　接触可能な表面温度に関する要求について、ISO 及び JIS 規格は、未制定である。そのためここでは、一つの参考として EN 規格を使用する。

5.2.10.1 規格要求の概要(EN563)

この標準は、EN 規格より熱表面による危険性及び健康への影響を規定したデータをまとめたものである。機械の設計および製作は、熱表面による影響を考慮し、健康に害を及ぼす危険が最小限になるように行うことが必要である。

皮膚が熱表面に触れたときに火傷に至る要素とその影響について，最も重要な事項は次の 3 点である。

○機器や装置の熱表面温度

○機器や装置の熱表面を構成する材質

○機器や装置の熱表面と皮膚の接触時間

当該規格の適用に関する事項は次の通り。

(1) この項に紹介するデータは次の事項の参考とすることができる。

①機械を通常使用中に触る必要があるか、または触ることができる全ての製品と装置の熱表面。

②人体の皮膚の熱容量と比べて、かなり高い熱容量を有する物体表面。

③大人の皮膚に対して適用する。子供の皮膚に関しては特別なデータがないので、熱表面への接触による火傷の危険評価をするためにこのデータを使用してもよい。

(2) この項に紹介するデータは次の事項には適用できない。

①皮膚の大部分（身体全体の皮膚の約 10%以上）が熱表面に接触できる場合。

②頭部の 10%以上の面積が火傷するような接触。

③顔の致命的な部分（例えば気道を狭くするような部分）が火傷するような接触。

製品によっては製品固有の要求がある場合があるので、JIS B 9650 シリーズの要求に注意する必要がある。JIS B 9650 シリーズに表面温度に関する要求がある場合は、一般的にこの標準に示されるデータより優先される。また、業界のガイドライン、顧客要求等、その他の異なる要求がある場合は、どの事項を優先するか事前検討が必要である。

5.2.10.2　火傷限界値（火傷をする場合としない場合の境界値）

熱表面の材質と皮膚の接触時間による火傷限界値（℃）を下表に記す。詳細は EN563 火傷限界曲線図を参照。無皮覆金属の場合のみ、**図表 5.2-54** を合わせて参照する。

材　　質	接触時間(火傷限界値 Ts℃)				
	1 秒未満[3)]	10 秒未満[3)]	1 分未満	10 分未満	8 時間未満
無被覆金属	注 1)	注 2)	51℃	48℃	特定の条件下で 43℃ 注 4)
被覆金属	EN563 参照	EN563 参照	51℃	48℃	
セラミック，ガラス，石材			56℃	48℃	
プラスチック			60℃	48℃	
木材			60℃	48℃	

注 1)　接触時間が１秒未満の火傷限界値は信頼できるデータが存在しないので、図表 5.2-54 に示す１秒の接触時間を適用すること。
注 2)　図表 5.2-54 に示す火傷限界曲線を参照。
注 3)　接触時間が１分未満の場合、この表に示されていない高熱伝導性を有する他の物質に対し 51℃の値を適用してもよい。
注 4)　接触時間が８時間未満の場合、下記条件下において全ての物質に対し 43℃の値を適用する。
「身体の小部分（身体の全皮膚表面の 10%以下）」または、「頭部の小部分（頭部の皮膚表面の 10%以下）」が熱表面に接触する場合。
接触部分が局部的なだけでなく、熱表面に呼吸器系など顔の致命的な部分が接触した場合は、たとえ表面温度が 43℃を越えていなくてもひどい負傷をする場合がある。

図表 5.2-52　火傷限界値

5.2.10.3　接触時間の想定

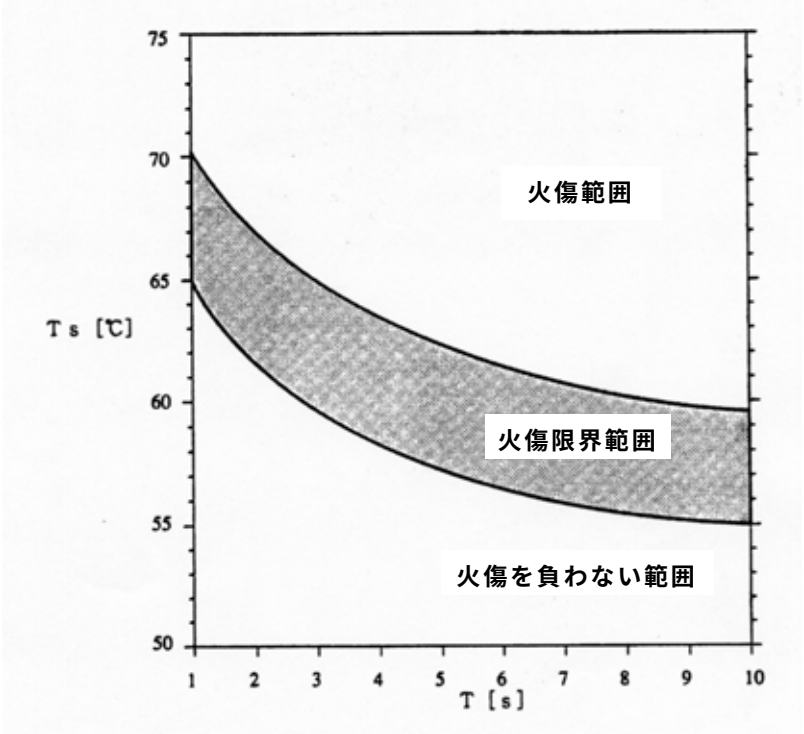
皮膚の熱表面への接触時間を想定する際、「意図せず不意に接触する場合」と「意図的に接触する場合」とで区別し、接触する可能性のある時間を下表により想定する。

接触時間（未満）	熱表面への接触の例	
	無意識(意図しない接触)	意図的(意図的な接触)
1 秒	熱表面に接触し、痛みを感じてすぐに離れる	―
4 秒	熱表面に接触してからの反応が遅い場合	スイッチ、押ボタンの操作
10 秒	熱表面に倒れ、そのままの状態 ↓	スイッチの長い時間の操作、手回しハンドルやバルブなどでの微調整作業
1 分		手回しハンドルやバルブの回転作業など
10 分		制御要素の使用（制御器、ハンドルなど）
8 時間		制御要素の継続的使用（制御器、ハンドルなど）

図表 5.2-53　各種行為について想定される接触時間

5.2.10.4　火傷限界曲線図

火傷限界曲線は特定の接触時間において、皮膚が熱表面に接触したときに、皮膚が障害を起こさない場合と障害を起こす場合の表面温度を示している。一般的に火傷限界値より低い表面温度では火傷をもたらさないが、火傷限界値より高い表面温度は皮膚の火傷をもたらすことになる。次に示す図は，この火傷限界値を材質別に示した火傷限界曲線図である。



Ts:T 秒間接触する面の温度(℃)
T：加熱された表面に対する接触時間(s)

備考：本図は，無被覆金属のなめらかな表面に対するものである。荒い表面の金属の場合，火傷限界値は本図より高い値になるが，図示した火傷限界範囲の上限より 2℃以上高くなることはない。

図表 5.2-54　無被覆金属への 10 秒以下の接触に関する火傷限界曲線

5.3　安全防護・付加保護方策　－保護方策の選択－

ISO 12100 では、合理的な理由により本質的安全設計によってハザードの除去、あるいはリスクを許容レベルまで低減することができない場合、設計者が次に取るべき行動として「付加保護方策によるリスクの低減」が定められている。

付加保護方策の代表例は「保護ガード」であるが、それ以外にも両手操作等の制御に関する方策や、光カーテンといった検出器類等、多岐に渡る。これら付加保護方策も、対象とするハザードの種類や､ハザードへのアクセス方法により適切に使い分ける必要がある。

5.3 項では、リスク低減に用いる各種追加保護方策の選択に関する以下の項目を記す。

(1) 付加保護方策の選択（5.3.1 参照）
(2) 検知保護設備の選択と実施（5.3.2 参照）

5.3.1　付加保護方策の選択

関連規格

□ISO 12100-1：2002　〔JIS B 9700-1〕5.4、5.5
　機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 1 部：基本用語、方法論
□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.
　機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則
□PD 5304:2000(旧 BS5304)　6.
　機械の安全使用
□ISO 14119:1998〔JIS B 9710 予定〕
　機械類の安全性－ガードインターロック装置－設計及び選択のための原則
□ISO 14120:2002〔JIS B 9716 予定〕
　機械類の安全性－ガード－固定式及び可動式ガードの設計及び製造のための一般要求事項
□ISO 13856-1：2001
　機械類の安全性－感圧保護装置－第 1 部：感圧マット及び感圧フロアの一般原則及び試験
□IEC 61496-1：1997〔JIS B 9704-1〕
　機械類の安全性－電気的検知保護設備－第 1 部：一般要求事項及び試験
□IEC 61496-2：1997〔JIS B 9704-2〕
　機械類の安全性－電気的検知保護設備－第 2 部:能動的光電保護装置を使う設備に対する要求事項
□IEC/TS 62046:2004〔JIS　－　〕
機械類の安全性－人の存在を検出するための保護機器の応用

5.3.1.1　付加保護装置の選択　(ISO 12100-2　5.2.1)

(1) リスク低減が必要な個々のハザードに対する保護装置の選択は、リスクアセスメントの結果に基づき行なう。

(2) 保護装置を選択する際、固定ガードのシンプルな構造を考慮すると、機械の正常な運転中に作業者が危険区域に接近する必要がない場合については、固定ガードを使用することが望ましい。

(3) 機械の正常な運転中に、危険区域へ立ち入る必要性があり、かつ、その頻度が増すに従い、固定ガード取り外しのための作業慣行に対する重要性は増加する。このような場合には、インタロック付きガードや検知保護設備を使用する。

(4) 保護方策を講じた結果、二次的なハザードが考えられる場合は、保護装置を組み合わせて採用する必要がある場合も考慮する。

5.3.1.2　正常な運転中に危険区域へ接近する必要の無い場合　(ISO 12100-2　5.2.2)

機械の正常運転中に危険区域に立ち入る必要が無い場合、付加の保護方策は以下の一覧

から選択する。

付加保護方策	備考	関連 ISO	手引きの関連項	図表
固定式ガード[1)] ・囲いガード ・距離ガード	・固いガード：危険な個所の周囲を覆う。 ・距離ガード：適切な高さの障壁やトンネルガードを含む。	ISO 14120	5.4.2	5.4-8 ～ 5.4-13
インタロック付きガード[1)] ・施錠式 ・非施錠式	・ハザードがガードに覆われるまで運転できない。 ・ガードが閉じることにより始動[2)]状態になる。ガードが閉じたことにより起動[2)]状態にならない。	ISO 14120 ISO 14119	5.4.3	5.4-15 ～ 5.4-16
自己閉鎖式ガード[1)]	ワークが通り抜けると直ちに自動的に閉位置に戻る	ISO 14120	5.4.3	―
検知保護設備 (トリップ装置)	光ビーム、光カーテン、感圧マット等を指す。	IEC 61496-1 IEC 61496-2 ISO 13856-1	5.3.2	5.3-4 ～ 5.3-5

注 1)　ガードについては 5.4 参照
注 2)　始動と起動の違いは 5.1.8 参照

図表 5.3-1　運転中に危険区域へ接近しない場合に採用する保護方策

5.3.1.3　正常な運転中に危険区域へ接近する必要がある場合　(ISO 12100-2　5.2.3)

機械の正常運転中に危険区域に立ち入る必要がある場合、付加の保護方策は以下の一覧から選択する。

付加保護方策	備考	関連 ISO	手引きの関連項	図表
検知保護設備 (トリップ装置)	光ビーム、光カーテン、感圧マット等を指す。	IEC 61496-1 IEC 61496-2 ISO 13856-1	5.3.2	5.3-4 5.3-5
調整式ガード	危険区域を完全に取り囲めない場合に用いる。全体が調整できるか、又は調整可能部分を組み込んだ固定式ガード。	ISO 14120	5.4.4	5.4-18 ～ 5.4-19
自己閉鎖式ガード	ワークが通り抜けると直ちに自動的に閉位置に戻る。	ISO 14120	5.4.3	―
両手操作制御装置	ここに記す他のガードのいずれも使用することができない場合に使用が推奨される。作業者のみ保護されるもので、周辺の作業者は保護しない。	ISO 13851	―	5.3-3
起動機能付きインタロック付きガード (制御式ガード)	・ハザードがガードに覆われるまで運転できない。 ・ガードが閉じることにより始動状態になる。	ISO 14120 ISO 14119	5.4.3	―

図表 5.3-2　運転中に危険区域へ接近する場合に採用する保護方策

備考：操作スイッチ間の距離は 260mm 以上
離さなければならない(ISO　13851)

図表 5.3-3　両手操作制御装置の例

備考：機械の周囲に光カーテンを設置し、
安全情報を常時検出している

図表 5.3-4 光カーテンの使用例

(協力：㈱武蔵野)

図表 5.3-5　感圧マットの例

5.3.1.4　機械の設定、ティーチング、清掃、保全等のために危険区域へ接近する必要がある場合　(ISO 12100-2　5.2.4)

採用する付加保護方策は、作業者の作業遂行を妨げることなく、かつ作業者を確実に保護する構造でなければならない。一般的に次の方策は最高の保護レベルであるため、採用を推奨する。

(1) 機械のシャットダウンに対する、ロックアウト・タグアウト[1)]

(2) エネルギの消散[2)]

注意 1)：　ロックアウト・タグアウト 5.6.3 参照
注意 2)：エネルギの消散については 5.6.3 参照
備考 1：空液圧の減圧については 5.1.6 参照

5.3.2　検知保護設備の選択と実施

関連規格

□ISO 12100-1：2002　〔JIS B 9700-1〕5.4、5.5
　機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 1 部：基本用語、方法論

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.2.5
　機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

□ISO 13856-1：2001
　機械類の安全性－感圧保護装置－第１部：感圧マット及び感圧フロアの一般原則及び試験

□IEC 61496-1：1997〔JIS B 9704-1〕
　機械類の安全性－電気的検知保護設備－第 1 部：一般要求事項及び試験

□IEC 61496-2：1997〔JIS B 9704-2〕
　機械類の安全性－電気的検知保護設備－第 2 部:能動的光電保護装置を使う設備に対する要求事項

□IEC/TS 62046:2004
　機械類の安全性－人の存在を検出するための保護機器の応用

5.3.2.1　検知保護設備の選択　(ISO 12100-2　5.2.5.1)

適切な検知装置を選択する際、次の表にまとめた事項を考慮する。

検知保護設備の主な形式	検知保護設備使用の主目的	単独使用を妨げる主要因
○光カーテン ○スキャナ装置 ○圧力検知マット ○トリップバー ○トリップワイヤ　等	○安全機能の作動(Trip)のため ○存在検知のため ○安全機能の作動と存在検知のため ○機械の運転再開のため	○材料、構成品部品を放出する機械 ○エミッションに対するガードの要求 ○不安定な、又は極端な機械の停止 ○1サイクル途中における停止不能(ある所までいかないと止まらない)

図表 5.3-6　検知保護設備選択時の主な検討事項

5.3.2.2　検知保護設備の採用　(ISO 12100-2　5.2.5.2)

適切な検知装置を機械装置へ採用する際、次の表にまとめた事項を考慮する。

設置の際の考慮事項	制御システムとの連携が必要な事項
○検知区域の大きさ、特性、位置決め ○不具合状態の装置の反応 ○作業者が検知保護設備を迂回する可能性 ○時間の経過、環境による検出能力の変化（反射面の存在、じんあい、他の光源等）	○人体やその一部を検出した際､直ちに指令を発する ○検出した人体やその一部が､センシングフィールドから出たことで､危険な機械機能を再起動しない。 ○発した命令は､自己保持機能により新しい指令が出るまで保持される。 ○再起動を行うときは､危険区域外に配置した制御装置で作業者の操作により行なわれる。 ○検知保護設備の検出機能が停止している時は、機械は操作できない(ミューティング[1)]状態を除く)。 ○センシングフィールドは､人体やその一部が検出されずに危険区域に進入することがない位置及び形状とし､可能な限り固定ガードを併用する。

注 1)ミューティング　出力を瞬時に０又は低レベルに減衰させる操作、及び機構。
ISO 13849-1 参照

図表 5.3-7　検知保護設備採用時の主な考慮事項

5.4　安全防護・付加保護方策　－保護ガード(カバー)－

5.4 項では、リスクを低減するための安全方策として採用するガードの設計・製造に関する事項、適切なガードの選択方法、及び主なガードの特徴等について、以下の項目の概要と関連規格を示す。

(1) ガードの設計と製造（5.4.1 参照）
(2) 固定式ガード（5.4.2 参照）
(3) 可動式ガード（5.4.3 参照）
(4) 調整式ガード（5.4.4 参照）

5.4.1　ガードの設計と製造

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.3
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

□ISO 14120:2002　〔JIS B 9716(予定)〕
機械類の安全性―ガード―固定式及び可動式ガードの設計と製造に関する一般要求事項

□ISO 14119:1998
機械の安全性－ガードと連動するインタロック装置－設計及び選択の原則

5.4.1.1　ガードの設計、製作に関する一般事項(ISO 14120 5.)

(1) 機械的側面

a)一般事項

機械の予見可能な寿命や環境、操作面を考慮する。この検討が不十分な場合、操作性の悪化や、操作不能に陥る可能性がある。このことにより、作業者がガードを壊すことにつながり、リスクの増大を招く。

b)危険区域へのアクセス

ガードの保全や調整は、ガードを開かずに行える構造とする。不要物の除去、サンプリング、清掃・洗浄　等、ガードされた領域へのアクセスが必要である場合は、可能な限り作業を妨害せずに実施可能な構造とする。

c)危険物質の封じ込め

機械から蒸気、ガス、粉塵、等、作業者に危険を与える物質の放出が予見できる場合、適切な排出設備がない限り、ガードはこれらを封じ込める構造とする。

d)騒音

騒音低減の要求がある場合、音響囲いとして使用するガードは、放出される騒音を低減するため、接合部は適切に溶接する。

e)爆発

爆発のハザードが予見される場合、ガードは爆発のエネルギを安全な方法かつ安全な方向へ発散させるか(例えば破裂板の使用)、封じ込める。

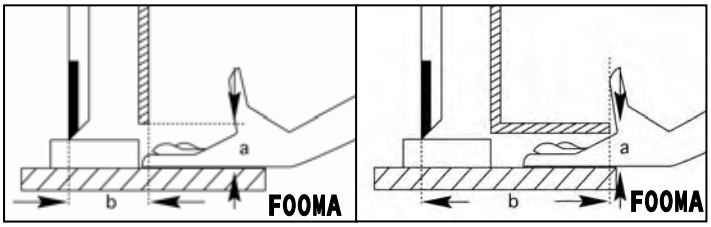
(2) 人間的側面

a)一般事項

保全、清掃・洗浄、給油、等、作業者によるガードの取り外しや開放を要する作業があらかじめ予見できる場合、設計・製造の際にそれらを考慮する。

b)安全距離

危険区域へのアクセスを防止するためのガードは、規格に基づき安全距離を決めなければならない**(5.2.5、5.2.6、5.2.7 参照)(図表 5.4-1 参照)**。



不適切:手指が届くa,b寸法　　適切:手指が届かないa,b寸法

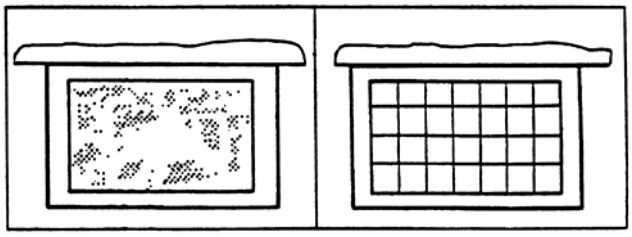
図表 5.4-1　安全距離の例

c)危険区域へのアクセスの制御

可動式ガードは、通常運転中に作業者が危険区域へアクセスできない構造とする。不可能な場合は、危険区域への作業者のアクセスが検知できるよう他の方法を採用する。

d)目視

ガードを取り外す必要を最小限とするために、目視が必要な箇所のガードは、目視ができる構造とする**(図表 5.4-2 参照)**。反射および光学的なゆがみは作用領域の視界を損ない、疲労をもたらす。



不適切：ほとんど見えない　　適切：目視できる構造

図表 5.4-2　適切な視界の例

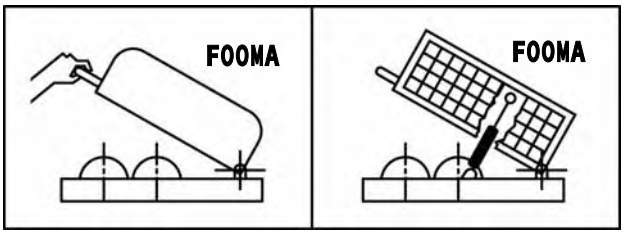
e)サイズと重量

取り外しが可能なガードは、作業者が扱うために適切なサイズ、重量でなければならない**（5.2.2 参照)**。

f)操作力

可動式、及び取り外しが可能なガードは、容易に操作ができる設計とする。

操作力は、ばね、平行おもり、ガスストラット等の装置を用いて低減できる**(図表 5.4-3 参照)**。



不適切：重力によって落下　　適切：ガスストラットの支え

図表 5.4-3　操作力

ガードが動力で駆動する場合は、その形状やエネルギが新たなハザードになってはならない。人又は物体が開放しているガードにぶつかり閉じた時、再度ガードが開く(再開放)機能を備えている場合、そのガードが閉じるのに必要な力は **150N** 以下とする。また、ガードの運動エネルギは **10J** 以下とする。再開放機能をもたない場合は、それぞれ **75N**、**4J** に低減する。

備考：Nの基本SI単位はkg･m/s²

g)意図する使用

ガードの設計・製造の際に、予見可能な使用及び、合理的に予見可能な誤使用を考慮する。

(3) 設計的側面

a)一般事項

全ての予見可能なガードの操作によって、ガード自体が新たなハザードを作らないよう考慮する。

b)押しつぶし、補足の防止

ガードを扱うことによる押しつぶしや、補足等の危害が生じない構造とする。

c)耐久性

ガードは、機械の予見可能な寿命を通じて、目的とする機能を遂行、又は劣化した部品の交換等の保全ができる構造とする。

d)衛生性

食品の残渣や液体の滞留がなく、またそれらを保持するようなピンホールや溝などのない構造とする**(ISO 14159、JIS B 9650-2 参照)**。また、ガードには衛生的ハザードとなる可能性のある材質を用いてはならない。

e)清掃

ガードは容易に清掃・洗浄できる構造とする。

f)汚染物の除去

製造プロセスにおける塵埃などの排出防止が要求される場合、ガードはこれらの要求を満たすよう設計する。

(4) 製作的側面

a)幾何学的ハザードの考慮

角部や、鋭利な端部等の危険な構造を除去する。

b)接合部

溶接や機械的に締め付けた接合部は、合理的に予見可能な負荷に対する強度を持つ。機械的締め付けが用いられる場合、それらの強度、間隔、個数はガードの安定性、剛性を確実にするのに十分なものとする。

c)工具による取り外し

頻繁に取り外すことのないガードの取り外し可能部分は、工具(スパナ、ドライバー、ドリル等)によってのみ取り外しができる構造とする。ハイスピード・チャック、ネジグリップ、ローレット頭ネジおよびウィングナットは、許容されない。また、これらガードの締め具は、可能な限り取り付けられたままとなる構造とする。締め具を紛失するリスクを低減し、また取り替えをできなくするのに有効である。

d)取り外し可能ガードのポジティブ配置

可能な限り取り外し可能ガードは、正常に固定されていなければ取付状態を維持できない構造とする。

e)可動式ガードのポジティブ閉鎖

可動式ガードの閉じる位置は、正確な位置でなければ閉じない構造とする。閉位置に

あるガードは、質量、ばね、留め金具、施錠装置、等により閉位置に保持される。

(5) 材料選択の側面

a)衝撃耐性

ガードは、工程内から放出される個体や液体、作業者など、予見される衝撃に耐える設計とする。

b)剛性

支柱やガードフレームは、予見される衝撃に耐える剛性を備える。

c)確実な固定

ガードは、使用中の負荷が予見される場合、取付位置より脱落しないよう固定する。固定は、機械的締め付け具、溶接などの手段により行う。

d)可動部の信頼性

ヒンジ、スライド、ハンドル、留め金等の可動部分は、予見可能な使用期間において信頼性のある動作を確保できるよう適切な選択を行う。

e)耐腐食性

洗浄・殺菌時に用いる予見可能な薬剤の使用による腐食を防止するため、適切な材料を選択する。これは、適切な保護コーティングの適用により達成できる。

f)微生物に対する抵抗性

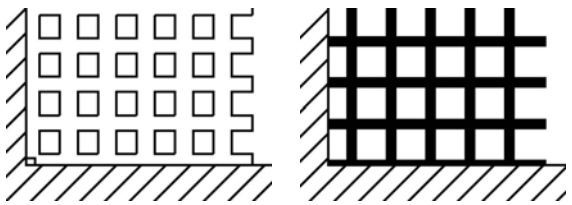
バクテリアや菌類の増殖による予見可能な作業者への健康リスクがある場合、ガードに用いる材料は増殖を抑制し、容易に洗浄でき、必要に応じて除菌できるものを使用する。

g)無毒性

使用される全ての材料や仕上げ処理は、全ての予見可能な使用条件において、製品の衛生リスクを高めることのないものとする。

h)機械の監視

ガードを通して機械の作業や工程を監視することが必要な場合、監視に適した材料を選択する。例えば穴あき材料やメッシュを利用する場合、監視するために必要な開口面積、及び適切な色彩とする必要がある。監視する領域よりも穴あき材料が暗い色の場合には、監視効果は高まる。



不適切：明るい色で、開口面積の小さなガード　　適切：暗い色で、開口面積の広いガード。監視効果が高い

図表 5.4-4　ガードを通した監視効果

i)透明性

機械作動を監視するために使用されるガードの材料は、予見可能な使用期間においてその透明度を維持できるものを選択する。透明度が劣化した材料を交換できる構造とする。用途に応じて透明度を損なう液体による表面の濡れに対する耐性を備えた材料を選択する。時間とともに黄色に変色したり、傷のつきやすい透明材料（アクリルガラスなど）よりも、針金格子の方がよい。

j)静電特性

用途に応じて火災や爆発に関するリスクが考えられる場合、粉塵の蓄積や突然の放電を回避するため、帯電しない材料を選択する。また、危険なレベルまで静電荷が上昇することを避けるため、地絡保護を行う必要がある**(IEC60204-1 参照)**。

k)熱安定性

予見可能な温度変動範囲又は、突然の温度変化にさらされても劣化しない材料を選択する。

l)可燃性(燃焼性)

火災リスクが予見できる場合、火花抵抗性、難燃性を持つ材料を選択する。また、その材料は可燃性液体やヒューム等を吸収したり、放出しない。

m)騒音及び振動低減

騒音や振動の低減を目的とする場合、これらを適切に低減する材料を選択する。ガードパネルは共鳴効果を最小化するため適切に減衰させる構造とする**(5.5.1 参照)**。

5.4.1.2　安全距離

ガードの設計を行う際には、安全距離を合わせて考慮する必要がある。安全距離については **5.2.5、5.2.6、5.2.7** 参照。

5.4.1.3　ガードの種類(ISO 12100-2 5.3)

(1) 固定式ガード（5.4.2 参照）

・(固定)囲いガード
・(固定)距離ガード

(2) 可動式ガード（5.4.3 参照）

・動力作動ガード
・自己閉鎖式ガード
・インタロック付きガード
・制御式ガード(起動機能付きインタロック付きガード)
・施錠式インタロック付きガード

(3) 調整式ガード（5.4.4 参照）

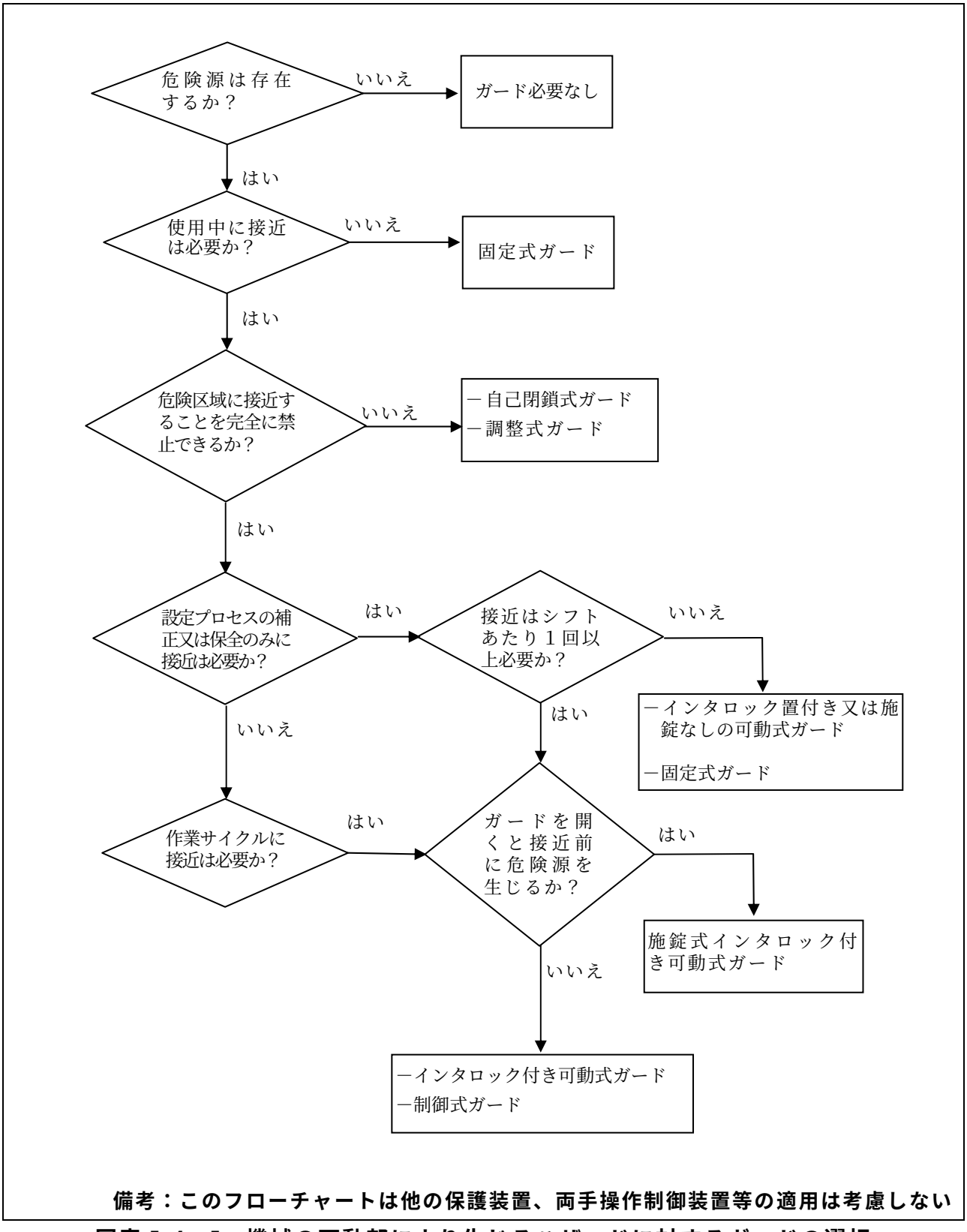
5.4.1.4　適切なガードの選択方法(ISO 14120 6.)

リスクアセスメントの結果に基づき､以下の選択手順を参考に適切なガードを決定する。次の４点は、ガードを選択する際に考慮する最も重要な選択基準である。

①リスクアセスメントにより見積もられたリスクレベル
②設計の際に想定している機械の使用方法
③ガードによる保護方策の採用を検討している危険源
④危険領域への接近の理由と頻度

(1) ガードの選択１：一般的なガードの選択

ガードを選択する一般的な手順の例は**図表 5.4-5** の通り。

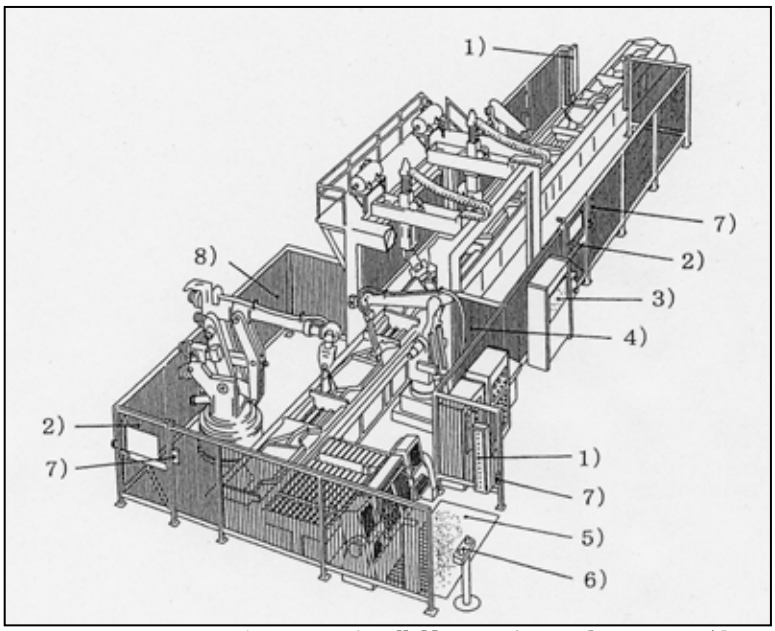


備考：このフローチャートは他の保護装置、両手操作制御装置等の適用は考慮しない

図表 5.4－5　機械の可動部により生じるハザードに対するガードの選択

(2) ガードの選択 2：異なるガードの組み合わせ又は他の装置とガードの組み合わせ

一つの機械に複数のリスクが残留している場合、異なるタイプの保護装置を組み合わせて使用することが適切である場合がある。例えば、ワークを供給する箇所に、固定ガードと共にトリップ装置を設置することで、機械的供給装置と固定式ガードの間で生じる二次的なはさまりといったハザードから作業者を保護することができる**(図表 5.4-6 参照)**。



1) 光カーテン
(能動的光電保護装置)
2) インタロック付きガード
3) 電気制御盤
4) 部分的なアクセスができる
内部フェンス
5) 感圧(圧力検知)マット
6) 両手操作制御装置
7) リセット手動制御器
8) 距離ガード

図表 5.4-6　異なるガードや保護装置を組み合わせて使用する例(ISO 14120)

(3) ガードの選択 3：ハザードの数及び、位置から判断する場合の選択

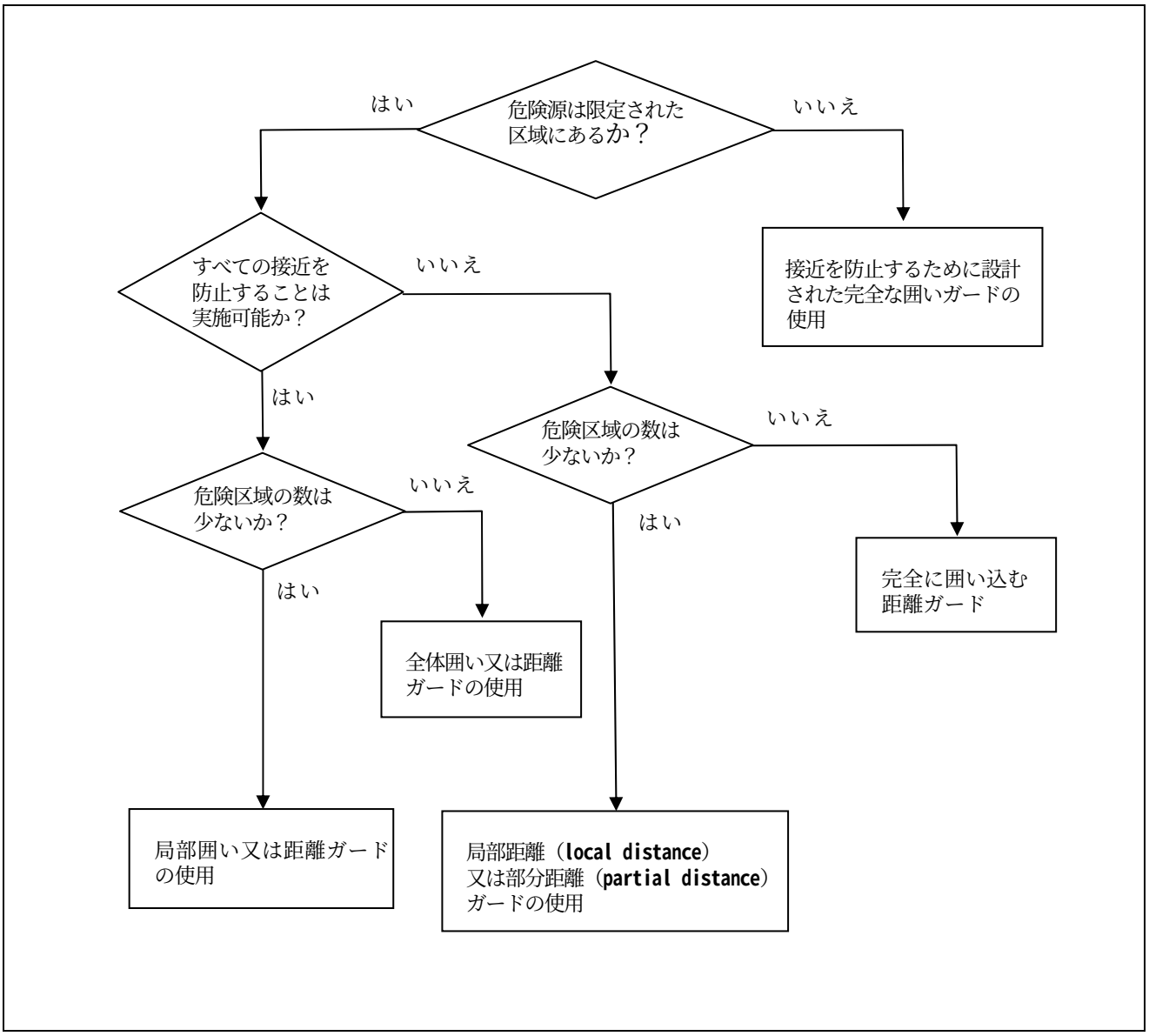
ガードの選択は以下に記す優先順位に従って選択する**(図表 5.4-7 参照)**。

a)保護するハザードが少ない場合：個々のハザードに対する「局所ガード類」
b)ハザードの数や規模が大きい場合：全てのハザードを囲む「囲いガード」
c)囲いガードが不適でハザードが少ない場合：部分的な「距離ガード」
d)囲いガードが不適でハザードの数や規模が多い場合：完全に取り囲む「距離ガード」

(4) ガードの選択 4：要求される接近の目的及び頻度による選択

a)作業中の接近が要求される場合：
・接近の頻度が高い・・・「インタロック付き可動ガード(必要に応じて施錠付き)」
・接近の頻度が低い・・・「固定式ガード(保守点検が実施できる場合)」
・特別な条件が有る・・・「制御式ガード**(5.4.3 (3) ③ 参照)**」
b)作業上ハザードの部分的露出が必要な場合：「自己閉鎖式ガード」「調整式ガード」

備考：ガード選択のためのフローチャートは、図表 5.4-7 を参照。



図表 5.4－7　ハザードの数及び位置によるガード選択のためのフローチャート

5.4.2　固定式ガード

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.3.2.2.
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

□ISO 14120:2002　JIS B 9716(予定)
機械類の安全性―ガード―固定式及び可動式ガードの設計と製造に関する一般要求事項

5.4.2.1　固定式ガードの概要(ISO 14120 3.2)

(1) 固定ガード　（図表 5.4-8 参照）

a)閉じられたまま､所定の位置に保持される以下の特性を持つガードで｢囲いガード｣｢距離ガード｣が該当する。

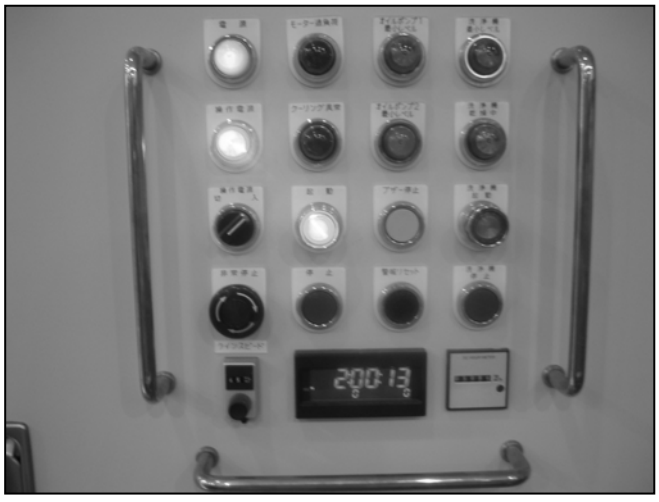
・溶接された恒久的なもの

・取付具により固定され、工具を使用しなければ取り外したり開放することができないもの。

b)保守点検等、頻繁にガードを開放することが必要な場合の主な構造は次の通り。

・取り外しや取り付けにかかる時間を最小限に抑える設計が望ましい。

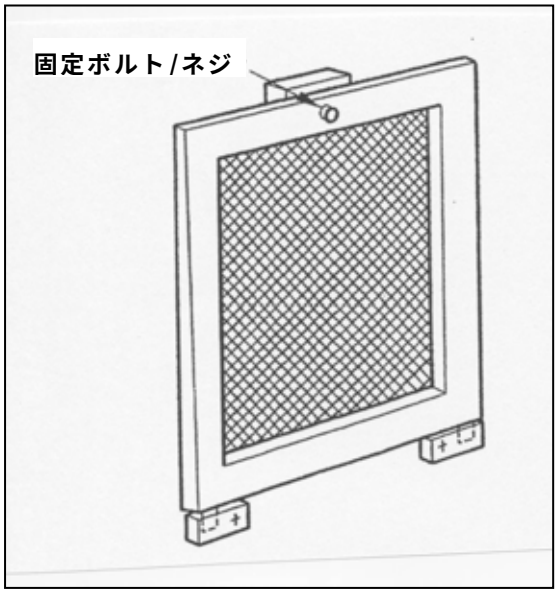
・適切な工具で一つの取付具を外すと、アクセスが可能となる構造が望ましい（**図表 5.4-9 参照**)。



備考 1：操作ボタンへの偶発的な接触によるリスクを低減するため、固定ガードを周囲に配置している

図表 5.4-8　固定ガードの例

(協力:㈱武蔵野フーズ)



備考 1：工具を使用しない蝶ネジ等は使用できない
備考 2：ボルトで正常に取り付けられていなければ取付状態を維持できない構造とする(5.4.1.1 (4) 参照)。

図表 5.4-9　容易な取外しが可能な構造の例

(2) 囲いガード

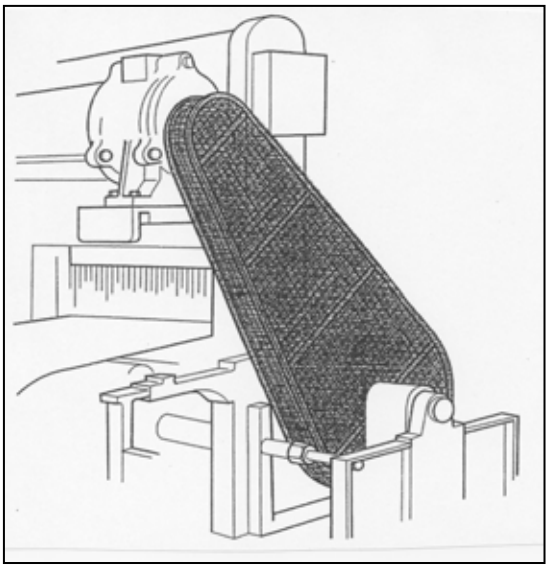
全ての面から危険区域への接近を囲いにより防止するガード**(図表 5.4-10,11 参照)**。

ハザードへの接近を単純な開口部の固定囲みガードの使用により防止できない場合は、十分な長さのトンネルを設けることが望ましい**(図表 5.4-12 参照)**。

(3) 距離ガード

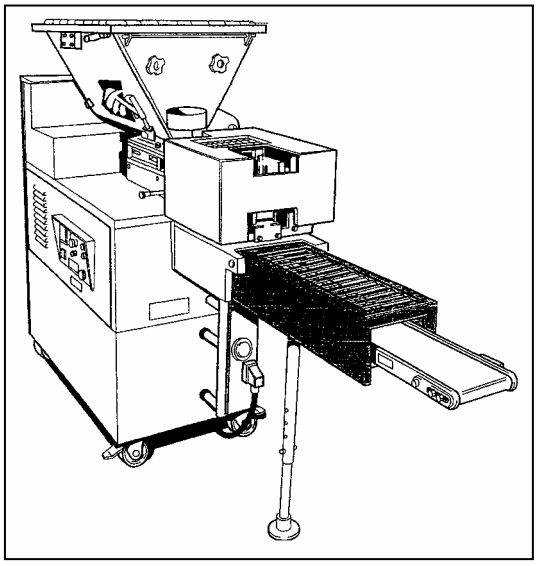
ハザードのみを囲うのではなく、ハザードから安全な距離を取ることにより作業者のアクセスを防止、又は低減するガード**(図表 5.4-13 参照)**。

機械を完全に取り囲む距離ガードを一般的に「周囲フェンス形ガード」と呼ぶ。



図表 5.4-10　囲いガードの例

図表 5.4-11　内部が見える囲いガードの例
(協力：㈱武蔵野フーズ)



図表 5.4-12　トンネルガードの例

図表 5.4-13　距離ガード(周囲フェンス形)の例
(協力：㈱武蔵野フーズ)

5.4.3　可動式ガード

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.3.2.3

機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

□ISO 14120:2002　JIS B 9716(予定)

機械類の安全性―ガード―固定式及び可動式ガードの設計と製造に関する一般要求事項

5.4.3.1　可動式ガードの概要(ISO 14120 3.3、3.5)

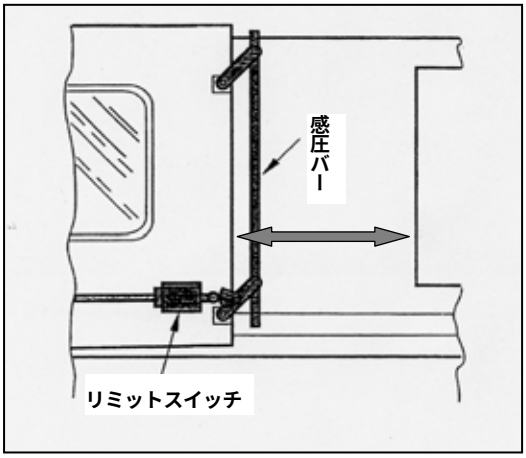
ヒンジなどにより機械の固定部に取り付けられ、工具を使用しなくても開放できるガード。可動式ガードには主に「動力作動ガード」「自己閉鎖式ガード」「インタロック付ガード」がある。

インタロック付きガードには「制御式ガード」「施錠式インタロック付きガード」が含まれる。

(1) 動力作動ガード

動力源からの力により開閉するガード。ガードが閉位置に閉じる時に“挟まれ”のハザードを作り出す可能性がある。このようなハザードを防止するため、ガードの前端部にトリップ感圧棒を設置する等の方策が必要である。

大型のものは、前端部に緩衝材を取り付けるか、閉じる速度を制限する等の方策を講じる（**図表 5.4-14 参照**）。



備考：前端に感圧バーを設置し、挟まれるリスク低減をはかっている。

図表 5.4-14　動力作動ガードの例

(2) 自己閉鎖式ガード

可動テーブルやワークなどにより作動するガード。ワークが開口部を通り抜けるとすぐに、開口していたガードが自動的に閉位置に戻る構造とする。

(3) インタロック付きガード

インタロック付きガードは、以下に示すとおり幾つかの種類に分類できる。これらは、ハザードに応じて適切に使い分けなければならない。これらの概要は**図表 5.4-17** 参照。

①インタロック付きガード

インタロックが付加されたガードで以下の機能を持つ。

a)ガードに覆われたハザード部は、ガードを閉じるまで運転できない。

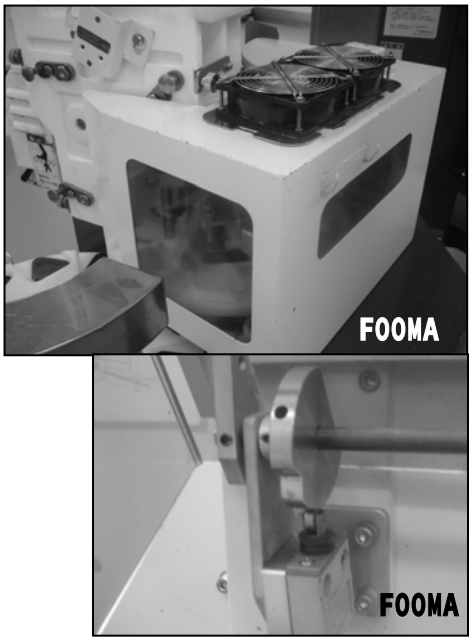
b)運転中にガードを開放すると、停止指令が発生する。

c)ガードが閉じると、ガードに覆われたハザード部は運転することができる。

d)ガードを閉じたことにより、ガードに覆われたハザード部は起動しない。

備考 1:ガードを閉じることが起動条件となる。駆動部が動いている状態で、ガードを開けることができるリスクを考慮しなければならない。

備考 2:ポジティブな機械的結合については 5.1.3 参照。



備考：インタロック付きガードとリミットスイッチ部。インタロックにポジティブな機械結合を用いたリミットスイッチを採用することで、インタロックガードの信頼性は高まる

図表 5.4-15　インタロックガードの例
（協力：㈱武蔵野）

②施錠式インタロック付きガード

インタロック装置とガード施錠装置を備え、以下の機能を持つ**（図表 5.4-17 参照）**。

a)ガードに覆われたハザード部は、ガードを閉じて施錠されるまで運転できない。

b)ガードに覆われたハザード部の危険状態が消失するまでガードは閉じ、かつ施錠されたままとなっている**(**稼働中等は開かない**)**。

c)ガードが閉じ、施錠されている時のみ、ガードに覆われたハザード部は運転することができる。

d)ガードを閉じ、かつ施錠したことにより、ガードに覆われたハザード部は自動で起動しない。

備考：停止信号を受けても直ちに危険状態が消失しない機械の場合、安全が確認できるまで、施錠状態を継続するために採用する。

備考：ガード内の回転部の停止信号を受けて施錠が解除される構造。

図表 5.4-16　施錠付きインタロックガードの例

③制御式ガード

インタロック装置を備え、付加的な起動制御を行うことなく機械類の運転を開始するインタロック付きガードの特別な形式となる。以下の機能を持つ。

a)ガードに覆われたハザード部は、ガードを閉じるまで運転できない。

b)運転中にガードを開放すると、停止指令が発生する。

c)ガードを閉じることによりガードに覆われたハザード部の運転開始指令を出す。

非施錠式インタロック装置

施錠式インタロック装置

条件無し開錠

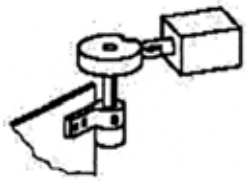
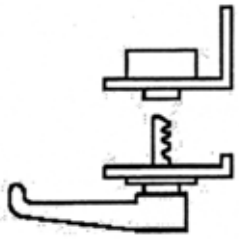
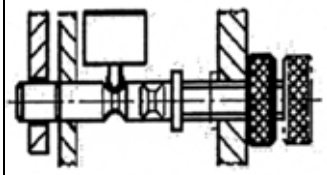
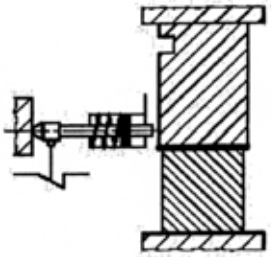
作業者によりいつでもガードの開錠ができる。
ただし、ガードは危険性が消滅するまで開錠できない。

条件付き開錠

次の条件が満たされている場合に限り、ガードは開錠できる
(又は開錠の開始)。

停止命令発令から、一定時間が経過[1)]

危険性消失の検出
(例えば駆動部停止の検出)

停止命令の発令			
ガードの開放動作開始時に発令 (インタロックはガードの動きで作動する)	ロック[2)]の動作開始と同時、及びその結果として発令	ガード施錠装置の動作開始直後、及びその結果として発令	作業者、又は制御システムによる自動機能により、インタロック装置が記憶し、発令
カム位置検出器を備えたインタロック	キャプティブキーインタロック	手動操作遅延装置を備えた施錠式インタロック	スプリング施錠/動力開錠を備えたインタロック
			
長所と短所／備考			
(長所) ・検出器のプランジャに対するカムのポジティブな機械作動 ・カムや検出器を動かさない限り手動による無効化は不可能 (短所) 次の場合危険側に故障を起こす。 ・プランジャの機能不良を起こす摩耗、破損 ・検出器とカム間の調整不良	(長所) ・ガードが開く前に回路遮断要素が確実に開かれる ・ガードがヒンジ結合、又は取り外し式の場合に最適 (備考) 遅延ユニットと組み合わせることができる。	(長所) ・ねじ切りされたピンを手で回すなど、シンプルな構造による信頼性を持つ	(備考) ガードが閉じた状態を保持する錠の作動に、電磁式やシリンダ式などがある。これら、どの装置を用いても安全側への故障を満たさなければならない。 停止したり、動力供給が断たれても錠は施錠状態を保持し続けなければならない。

注 1)危険性が消滅するのに要する時間よりも長い。
注 2)厳密にいうとガードは停止命令の発令後に開錠される。ガードが開錠される前に「停止命令が与えられると直ちに」危険源が消失する場合、その機能は施錠式インタロックガードと同等と見なす。

図表 5.4-17　施錠式/施錠無しインタロック装置の種類

5.4.4　調整式ガード

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.3.2.3

機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

□ISO 14120:2002　JIS B 9716(予定)

機械類の安全性―ガード―固定式及び可動式ガードの設計と製造に関する一般要求事項

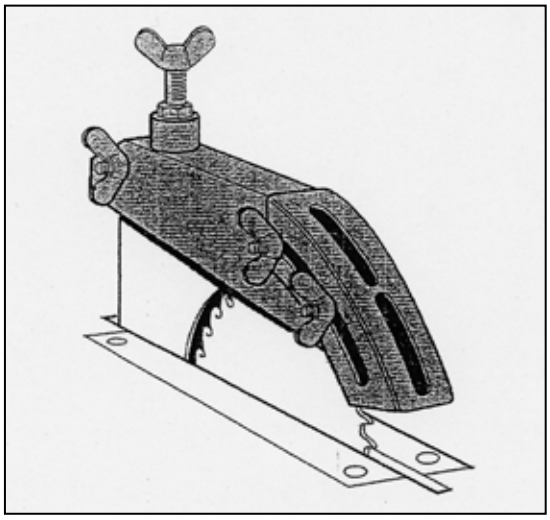
5.4.3.1　調整式ガードの概要(ISO 14120 3.4)

(1) 全体で調整できるか、又は調整可能部分を組み込んだ固定式や可動式のガード。作業中、調整可能部は固定されたままとなる。

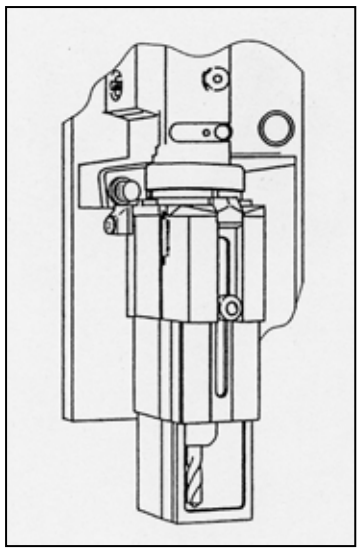
(2) 調整式ガードはワークを供給する開口部を備え、ガードの開口部の高さや幅をワークに合わせて調整することができる。

(3) 調整は、適切な力量を備える作業者が行うことが求められる。

(4) 構造的な要求は **5.4.1** 参照。



図表 5.4-18　調整式ガードの例 1



図表 5.4-19　調整式ガードの例 2

5.5　安全防護・付加保護方策　－エミッションの低減－

食品機械の定常操作中に放出されるハザードには、騒音、振動、食品から生じるガス、食品材料等がある。ここでは作業者に有害な影響を与える恐れのあるこれらの放出物のうち、「騒音」と「振動」に対する保護方策を定めた要求を記載する。**5.5** 項に記載する項目は次の通り。

(1) 騒音対策(5.5.1 参照)

(2) 振動対策（5.5.2 参照）

5.5.1　騒音対策

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.4.2
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

□ISO 230-5:2000　〔JIS B 6195〕
工作機械の試験方法－第 5 部：放出騒音の測定

□ISO 10052:2004　〔JIS －〕
音響学－空気音及び衝撃音の防音並びに使用機器の音の現場測定－調査方法

□ISO 11201:1995　〔JIS Z 8737-1〕
音響学－作業位置及び他の指定位置における機械騒音の放射音圧レベルの測定方法－第 1 部：反射面上の準自由音場における実用測定方法

□ISO 11202:1995　〔JIS Z 8737-2〕
音響学－作業位置及び他の指定位置における機械騒音の放射音圧レベルの測定方法－第 2 部：現場における簡易測定方法

□ISO/TR 11688-1:1995　〔JIS －〕
音響学－低騒音機械及び機器の設計の推奨手順－第 1 部：計画

□ISO/TR 11688-2:1998　〔JIS －〕
音響学－低騒音機械及び機器の設計の推奨手順－第 2 部：低騒音設計の物理学の概要

□ISO 11690-1:1996　〔JIS －〕
音響学－防音機械室の設計のための推奨作業－第 1 部：防音戦略

□ISO 11690-2:1996　〔JIS －〕
音響学－防音機械室の設計のための推奨作業－第 2 部：防音措置

□ISO 14163:1998　〔JIS －〕
音響学－消音器による防音の指針

□ISO 15664:2001　〔JIS －〕
音響学－開放形プラントの防音設計手順

□ISO 15667:2000　〔JIS －〕
音響学－エンクロージャ及びキャビンによる防音の指針

5.5.1.1　機械の低騒音化に関する要求概要(ISO/TR 11688-1)

(1) 騒音発生源への対策

①空気騒音源

a)乱流により騒音が発生している場合の対策

・運転圧力を下げる
・ロータの先端速度を下げる
・圧力降下量を減らす
・流れの中の障害となる構造を除く
・流速を下げる
・流速分布を改善する
・ノズルの出口形状を半径方向の流速変化が最小になる形とする

b)膨張・収縮及び急速な移動により騒音が発生している場合の対策(バルブ、ポンプ)

・圧力変化の速度を遅くする	・回転体近くの障害物を除く
・超音速気流は用いない	

②液体騒音源

a)乱流や膨張・収縮及び急速な移動により騒音が発生している場合の対策

空気の場合と同様、液体も乱流や膨張・収縮及び急速な移動により騒音が発生する。空気と同様に次の対策を検討する。

・圧力降下量を減らす	・流速分布を改善する
・流速を下げる	・圧力変化の速度を遅くする
・流れの中の障害となる構造を除く　等	

b)キャビテーション[1)]により騒音が発生している場合の対策

・圧力降下量を減らす	・流速を下げる
・場の静圧を上げる	・流速分布を改善する
・ポンプの吸込圧力を上げる　等	

注 1) キャビテーション：流動している液体の圧力が局部的に低下する部分で、蒸気や含有気体を含む泡が発生する現象。

③構造体騒音源

構造体が発生源となる騒音の原因は多種に渡る。ここでは主な構造体騒音源の原因と低減対策を**図表 5.5-1** にまとめた。

(2) 騒音伝播の抑制

①空気伝搬騒音

空気伝搬騒音の主な抑制手段は**図表 5.5-2** 参照。

原因	衝　撃	かみ合い	転がり接触	慣性効果	摩　耗	磁　気
例	ハンマーなどの機械要素と工作物又は機械要素間の衝突・打撃	歯車、チェーン駆動装置、などのかみ合い部、など	球軸受、ころ軸受、コンベヤ、車輌、など	クランク機構、など	機械の各種滑り機構部	電動機のトルク変動による振動音、電動機や変圧器の磁気音、など
特徴	・機械騒音で最も一般的。 ・１回の衝撃音は高周波の広帯域音。 ・周期的衝撃音は衝撃周波数及びその高調波成分が卓越。	・通常かみ合い周波数及びその高調波からなる諧調音	・高周波数帯域音で諧調音を伴うこともある。	・慣性力が衝撃、摩擦、励振の原因となって騒音を発生する。	・一般的にスリップ等に伴い発生。 ・時には自励振動により発生。	・磁気音は負荷に依存。 ・電源周波数の整数倍の周波数の音が卓越。
低減対策	・衝撃接触時間を長くする。 ・衝撃速度を小さくする。 ・自由衝撃体の質量軽減。 ・荷重変動による締結部の緩み防止。	・接触時間を長くする・ ・ヘルカル・ギアの使用。 ・歯数の増加。 ・歯の加工及び芯出し精度の向上。 ・プラスチック材料の使用(低荷重用)。	・転がり面の滑らかさ維持。 ・適当な潤滑剤の使用。 ・精密級転がり軸受の使用。 ・軸受取付部のはめあい精度の向上。 ・滑り軸受の使用。 ・接触部の柔軟性向上。	・回転体の不釣り合いの低減。 ・運動部分への釣り合い重りの取付け。 ・加速度運動部の質量軽減。 ・運動部分の安定性改善。	・低摩擦材料の使用。 ・適当な潤滑剤の使用。 ・構造減衰を大きくして自励振動を防止。	・電動機の回転子・固定子の溝数は共振が起きないように設定。 ・溝と磁極の方向を平行にしない。 ・磁界の対称性の狂いを最小化。 ・磁極形状の最適化・ ・周波数変換器に起因する磁気音を考慮。 ・変圧器のコアには騒音低減材料を使用。

図表 5.5-1　構造体騒音源の原因と低減対策

手段	防音カバー	防音スクリーン	消音器
特徴	・機械をカバーで包囲し、騒音の外部放出を抑制。 ・あらゆる周波数の空気騒音に対して有効。	・小型機械で特定の方向、限られた距離範囲でのみ有効。防音カバーに比べて防音効果は劣るが費用は安い。	・開口部からの音の伝搬を抑制 ・ポーラスな流路で構成する吸収式、流路断面積の急変部を設けた反射式および両者の組み合わせ式がある。
設計上の要点	・狭い隙間や小穴でも防音効果を弱めるので密封が必要。 ・カバーは堅い板で構成し、内側に吸音材を貼る。 ・換気や配線用などの開口部には消音器を付ける。 ・防音カバーと機械の取付部は強固な接続を避ける。	・スクリーンは少なくとも音の波長以上の長さと幅が必要。 ・スクリーンの縁には吸音材を取り付ける。 ・スクリーンは遮音する方向に設置する。 ・スクリーンは堅い材質で作る。	・高周波数帯域の音には吸収式を用いる。 ・吸収式消音器の後流速度は 20m/s 以下にする。 ・低周波数騒音には反射式を使用する。 ・通常は組み合わせ式を使用することが多い。

図表 5.5-2　空気伝播騒音抑制手段の特徴と設計上の要点

②液体伝播騒音

液体伝播騒音の主な抑制手段には「反射式」と「吸収式」があり、装置への出入り口となる配管に設置される。主な内容は次の通り。

・反射式：鋼管とホースを組み合わせるなどして、流路断面積又は流路壁の剛性を変化させる。
・吸収式：スチール繊維入りホースや、アキュムレータを用いる

③構造体伝播騒音

構造体伝搬騒音の主な抑制手段は次の通り。

手段	質量付加	振動絶縁	減衰付加
特徴	・機械への質量付加により構造体の振動を抑制。	・ゴムなどの弾性部材を用いて機械振動の伝播を抑制。	・特殊な敷物、減衰材を介した積層板、狭い空隙を介する薄板、内部減衰の高い構造材料、などを用いて振動エネルギを減衰させる。
設計上の要点	・機械の重量増加が許容される場合にのみ適用可能。 ・中高周波数音には有効であるが、低周波数音には無効。 ・力励振には有効であるが、速度励振には無効。	・弾性部材は十分な柔軟性が必要。 ・機械の基礎は、機械重量に見合う十分な剛性と質量が必要。	・元の減衰率が小さい場合に有効。 ・共振状態に対して特に有効。 ・比較的柔軟構造、軽量の機械に有効。 ・騒音発生源の近傍に適用。

図表 5.5-3　構造体伝播騒音の主な抑制手段

(3) 騒音の放出抑制

①開口部からの空気騒音の放出

空気騒音は開口部から放出される。開口部の軸方向に指向性を有するので開口部の位置と向きを調整することにより抑制できる。

②構造体表面からの騒音放出

構造体表面からの主な騒音放出抑制手段は次の通り。

・機械を小型化し、放出面積を小さくする
・薄板、減衰材被覆板などで構成した放出効率の低いものを備える

図表 5.5-4　防音エンクロージャにより機械を覆った例

5.5.2　振動対策

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.4.3
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則
□ISO 2041:1990　〔JIS B 0153〕
振動及び衝撃－用語集
□ISO 2631-1:1997　〔JIS B 7760-2〕
機械振動及び衝撃－全身振動に暴露される人体の評価－第 1 部：一般要求事項
□ISO 2631-2:2003　〔JIS －〕
機械振動及び衝撃－人体の全身振動暴露の評価－第 2 部：建物内の振動(1 Hz～ 80 Hz)
□ISO 2017:1982　〔JIS －〕
振動及び衝撃－絶縁装置－特定の規定手順
□ISO 5349-1:2001　〔JIS －〕
機械振動－手腕系振動への人体暴露の測定及び評価－第 1 部：一般要求事項
□ISO 5349-2:2001 〔JIS B 7761-2〕
機械振動－手腕系振動への人体暴露の測定及び評価－第 2 部：作業現場における測定の実施の指針
□ISO 5805:1997　〔JIS Z 8131〕
機械振動及び衝撃－人間への影響－用語
□EN 1299:1997
機械振動及び衝撃－機械の振動絶縁方法－振動発生源の絶縁方法

振動に対する付加保護方策は、弾力性のあるシートのように震動源と暴露される作業者の間を遮断する減衰装置を含む。これらに関する要求事項はまだタイプ B 規格として整備されていない。この項では、ISO 12100-2 においても参照が指定されている EN 1299 の要求を中心に取りまとめた。

5.5.2.1　機械の振動低減に関する一般概要(EN 1299)

新規に設置する機械の振動絶縁のための事前情報は次の通り。
①機械を設置する構造物の周波数応答特性の解析
②振動絶縁の要否を判断するための暗振動[1)]レベルの測定

注意 1)：対象とする環境に常時振動を与える、遠く及び近くにある震動源からの全ての振動を合成したもの(周囲振動)。

5.5.2.2　振動絶縁装置の選定に関する情報(EN1299)

振動絶縁装置を選定する際は、当事者がそれぞれ提出する以下のデータに基づき検討を行う。

(1) 機械の物理データ（機械メーカが提供）

①次の事項が記された機械の図面

機械の外形、据付状態、外形寸法、機械の重量、機械の重心位置、慣性モーメント、ボルト及び位置コネクタの仕様、付属品の取付位置、タップ穴、公差、機械材料に関する特記事項、機械の座標軸、鉛直方向に対する据付方向、主要な衝撃力の発生方向、取付物の取付可能位置。

②機械の加振力、加振モーメント、周波数、など

③特殊要求事項

機械的応答に影響を及ぼす、電気コネクタや配管の種類、寸法、剛性など付加される外力、アクセスエリア、冷却空気通風用隙間、温度勾配図（絶縁材に影響を及ぼす程度に温度勾配がある場合）、装置と基礎との最大隙間、など。

④接地方法や電気関連仕様

⑤機械の安定性に関する事項

(2) 振動絶縁装置の物理的データ（振動絶縁装置の供給者が提供）

①静的特性データ

振動絶縁装置の種類、材料、重量、水平度調整法、静的剛性、最大許容荷重と運転中の最大・最小重力。

②動的特性データ

動的剛性に基づく並進・回転振動特性、荷重－たわみ特性試験時の雰囲気と荷重速度、及び３主軸方向の減衰特性と適用可能な周波数範囲。

③耐久性

たわみ、衝撃の繰り返しによる疲労強さ、クリープデータとその採取法、保管中の環境条件と時効効果。

(3) 環境データ（振動絶縁装置の供給者が提供）

①振動絶縁が正常に機能するための温度の上限と下限

②湿度、水分、潮風、かび、オゾン、油、燃料、蒸気、日光等に対する耐性

③じんあいを含む劣悪な条件における機能性

④望ましい保管環境

(4) 保守データ（振動絶縁装置の供給者が提供）

①保守、メンテナンス、運転に必要な事項の詳細

(5) 機械を設置する場所の周辺構造物に関する技術情報（機械の使用者が提供）

①機械を据え付ける建物の種類

②建物内の設置場所

③支持構造物データ

地盤の許容荷重、地盤からの床の高さ、建物の固有振動数など。

④振動絶縁効率又は受け入れ基準

地域の法令、周辺にある機械装置の許容振動など。

⑤周辺構造物の振動及び衝撃の状況

・機械を設置する前の振動及び衝撃の状況。

・振動の時刻歴データ、スペクトル分析データなど。

⑥気象条件、設置環境

・最高、最低気温。

・湿度、水分、じんあい、潮風、かび、オゾン、油、燃料、蒸気、日光などの有無。

5.6　安全防護・付加保護方策　－その他の保護方策－

食品機械の設計・開発において、顧客要求として与えられた安全に関する条件を達成するために、“本質的安全設計”“安全防護(ガード)”“使用上の情報”以外の手段によりリスクレベルの低減をはからなければならない時もある。そのような場合における主な手段の例を示すもので、ここでは以下の事項について記載する。

(1) 非常停止装置（5.6.1 参照）
(2) 捕捉された作業者の脱出及び救助（5.6.2 参照）
(3) 遮断・エネルギの消散・エネルギの制限（5.6.3 参照）
(4) 機械への安全な接近（5.6.4 参照）
(5) 燃焼安全(5.6.5 参照)

5.6.1　非常停止装置

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.5.2
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則
□ISO 13849-1:1999　〔JIS B 9705-1〕
機械類の安全性－制御システムの安全関連部－第 1 部：設計のための一般原則
□ISO 13850:1996　〔JIS B 9703〕
機械類の安全性－非常停止－設計原則
□IEC 60204-1　〔JIS B 9960-1〕10.7
機械類の安全性－機械の電気装置－第１部：一般要求事項

5.6.1.1　非常停止装置に関する要求概要(ISO 13850 4.1、IEC 60204-1 10.7)

備考：5.1.7.4、5.2.3.4 に関連事項の記載あり

(1) 一般

①“本質的安全設計”“安全防護(ガード)”によるリスク低減が可能であるにもかかわらず、非常停止機能の採用によって、それらの取り組みを省略してはならない。
②非常停止装置は、他の安全方策の代替手段として採用してはならない。他の安全方策のバックアップとして設計を行う。
③対象とするハザードが、安全防護物や物理的位置により明らかに分離されている場合は、機械のシステム全体に非常停止を適用することは必ずしも必要でない(ISO 13849-1 5.3)。
④非常停止機能は停止命令の発令後、別の危険を発生させずに、機械の動作を適切に停止させる構造とする。この機能はリスクアセスメントに従い設計を行う。
⑤非常停止は、停止カテゴリ 0、又は停止カテゴリ 1 のいずれかによる(5.1.8.3 参照)。

(2) 設置位置

①リスクアセスメントに基づき非常停止装置が必要と判断される､作業位置に設置する。
②設置場所は、非常停止装置が必要な際、容易に近づき、安全に操作ができる位置とする。

(3) 基本構造と色

①作業者が必要な時、とっさに使用できる構造とする。
②主な非常停止装置には次のようなものがある。
・キノコ形ボタン(手のひらで押す形)　・ワイヤ、ロープ、バー
・ハンドル　・機械的なガードのないペダルスイッチ
③非常停止装置の色は、「赤」でなければならない。

④非常停止装置取付部の周囲の色は「黄色」とする。
⑤ワイヤや、ロープを使用する時はマーカーフラッグを取り付ける。

(4) 基本機能

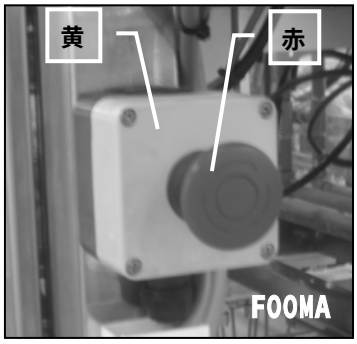
①非常停止装置はポジティブな機械結合[1)]を採用する。

注 1)ポジティブな機械結合：機械的構成部品が直接接触して他の機械的構成部分に作用する結合。例：ガードを開ける力が、起動に関わる接点を強制的に分離させる(OFF)構造(5.1.3 参照)。

②非常停止装置の作動により、非常停止信号が出力されたら、非常停止装置が機械的かみ合い(ロックイン)によって保持され、非常停止信号は継続される。この信号は、非常停止装置の機械的かみ合いが解除される(リセット)まで保持される。
③非常停止装置は、非常停止信号が出力されないのに、かみ合いにより保持されない。
④かみ合い部を含め非常停止装置が故障したとき、非常停止信号の出力は、非常停止装置の機械的かみ合いより優先する。

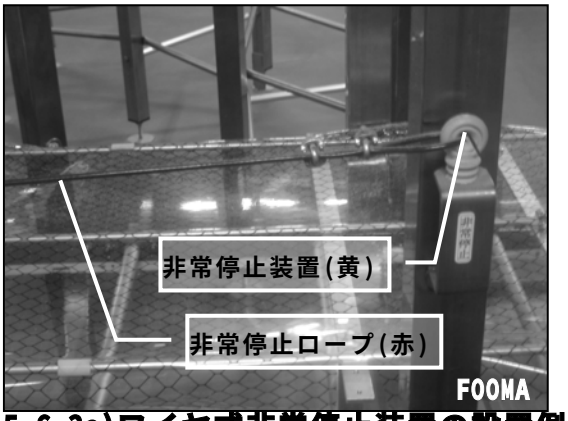
(5) 非常停止後の復帰

①非常停止装置のリセットは、手動操作によってのみ可能とする。リセットはボタンの再度の押し込み、回転、鍵によるもの等の方法がある
②非常停止装置のリセットが再起動信号となってはならない。
③作動している全ての非常停止装置がリセットされるまで、再起動ができない構造とする。

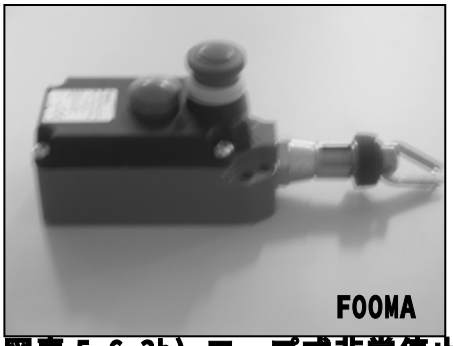


図表 5.6-1　非常停止装置例
(協力：㈱武蔵野)

備考：偶発接触を防止のため、ボタンの周囲を囲った例
図表 5.6-2　非常停止装置例 2



図表 5.6-3a)ワイヤ式非常停止装置の設置例
(協力：㈱武蔵野フーズ)



図表 5.6-3b) ロープ式非常停止装置例

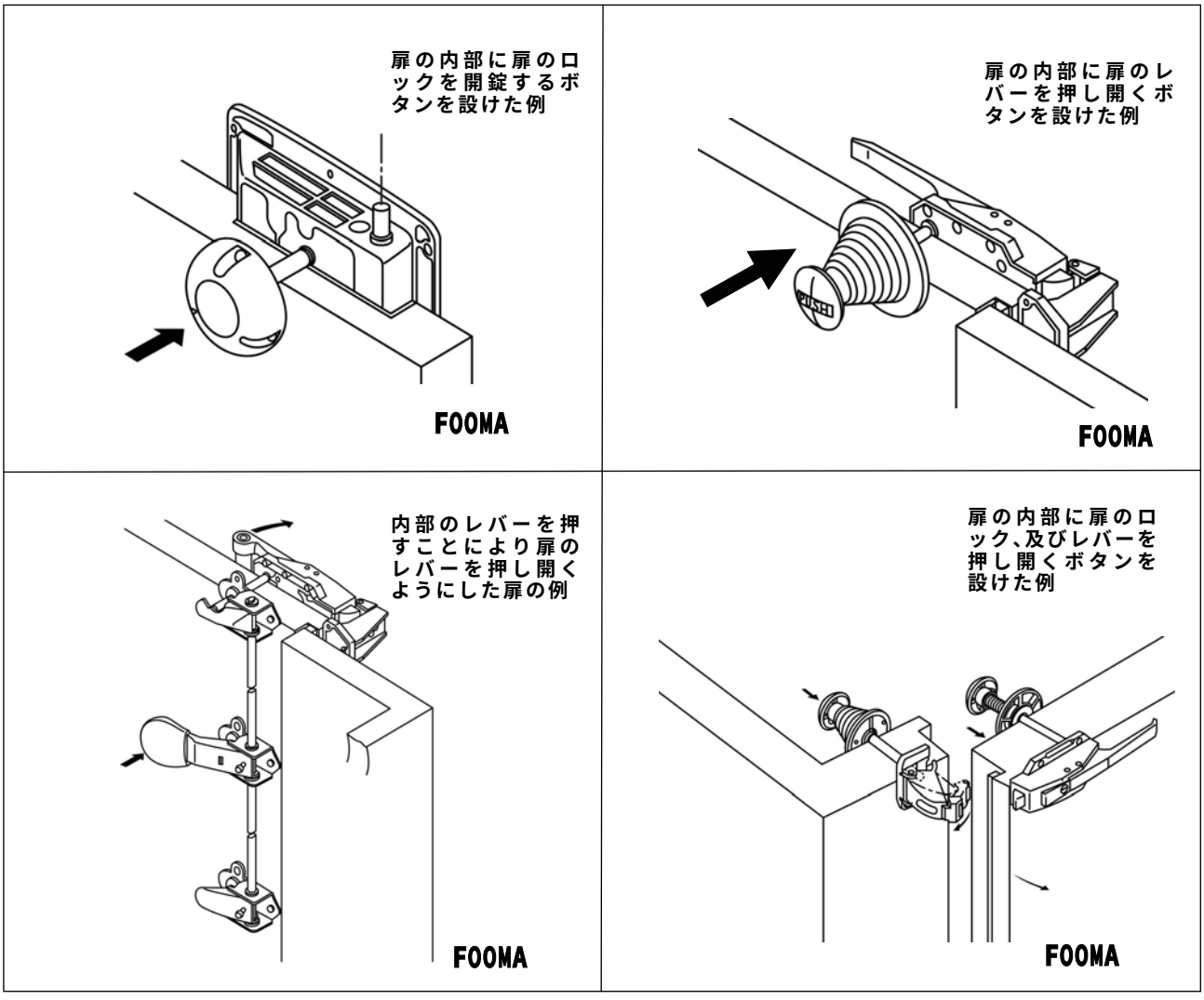
5.6.2　捕捉された作業者の脱出及び救助

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.5.3
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

5.6.2.1　捕捉された作業者の脱出、及び救助に関する一般事項(ISO 12100-2 5.5.3)

(1) 作業者が機械内部に立ち入ることが予測される場合は、出入り口の扉を内側からも開けられる構造とする(**図表 5.6-4 参照**)。
(2) 非常停止後に特定の機械駆動部を動かす手段を講じる。
(3) ローラ、ギア等「巻き込まれ」が予見できる要素は、逆回転するための手段を講じる。
(4) 捕捉された作業者が、その場で救助を求めることができる手段を講じる。
(5) 作業者の身体が補足される危険源がある大型の設備には、脱出ルート、又は避難場所を設ける。



図表 5.6-4　扉の内側から扉を開ける構造の例

5.6.3　遮断・エネルギの消散・エネルギの制限

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.5.4
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則
□ISO 14118:2000　〔JIS B 9714 予定〕
機械類の安全性－予期しない起動の防止

機械には「電気エネルギ」「圧力流体」「蒸気」「位置エネルギ」等の様々なエネルギが関わる。機械の保全や修理を行う際、これらの蓄積されたエネルギを消散させる技術的手段を講じなければならない。

5.6.3.1　捕捉された作業者の脱出、及び救助に関する一般事項(ISO 12100-2 5.5.3)

(1) 機械を全ての動力供給から遮断する。

(2) 全てのエネルギ供給経路は「遮断」の位置に施錠する。

(3) 機械には、ハザードとなる全ての蓄積エネルギを消散できる機構を備える。不可能な場合には、漏れたり消失しないよう封じ込める。

(4) 上記**(1)** ～**(3)** に記したようにエネルギ源から隔離しエネルギがゼロの状態が最も安全性が高い状態と見なされる。この状態をゼロ・メカニカルステート[1)]と呼び、この状態でない箇所はハザードと見なされる。

注 1) ゼロ・メカニカルステート：American Foundrymen's Society より引用。欧州ではゼロ・エナジーステートと称している
備考：液空圧エネルギの消散について 5.1.6 にも関連事項の記載有り

5.6.3.2　動力源の遮断(ISO 14118 5.1)

(1) 遮断には「断路」、「分離」等の確実に信頼できる方法を採用する**(IEC 60204-1 5.3 参照)**。

(2) 手動制御器と遮断要素間に信頼できる機械的リンクを備える。

(3) 手動制御器やアクチュエータの各位置に対応する遮断装置の状態を明確に識別できる手段を備える。

(4) 液空圧によるシステムは、エネルギ源からの完全遮断と、システム内の流体圧力の消散が容易にできるように設計を行う。

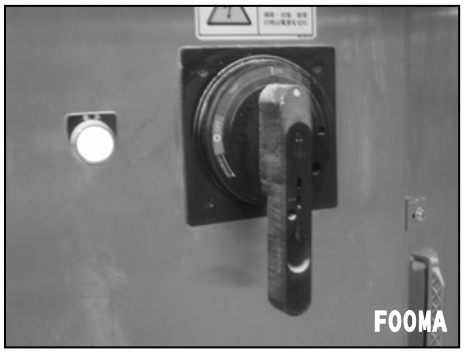
(5) 遮断装置の位置、数は、リスクアセスメントにより決定しなければならない。

(6) 各遮断装置は、遮断する機械、及び遮断する部分が容易に識別できる構造とする

(7) 動力遮断中に、局部照明や部品の保持などのために、機械の回路の一部を電源に接続する場合は、作業者の安全を確保するため、“特殊な工具を用いるエンクロージャ”“警告ラベル”“警告灯”などの手段を備える。

5.6.3.3　施錠装置(ISO 14118 5.2)

(1) 遮断装置は施錠できるもの、又は遮断位置に固定できるものとする。ただし、プラグ/ソケット結合を使用し、かつ危険区域に存在する作業者を確実に監視できる場合は、その限りではない。また、再接続しても作業者が危険源に曝されない場合も施錠装置は特に必要ない。



図表 5.6-5　施錠付き電源遮断装置の例
(協力：㈱武蔵野フーズ)

(2) 施錠装置は次のようなものとする。
①一つ以上(又は作業者分)の南京錠を備える。
②トラップド・キーインタロック装置(ISO 14119 附属書 E 参照)。
③施錠可能な容器やエンクロージャ

備考：図表 5.6-6～5.6-8 参照

5.6.3.4　蓄積エネルギの消散又は制限のための装置(ISO 14118 5.3)

(1) 蓄積エネルギが危険源となる場合、蓄積エネルギの消散や制限のための機能を装備する。
①空圧システムの例
・供給の遮断(ロックを伴う場合もある)(**図表 5.6-8 参照**)。
・圧力低減遮断装置(ロックを伴う場合もある)。
・システム減圧時の機械的負荷の除去又は固定。
・給電の遮断。
②油圧システムの例
・遮断弁を遮断位置に機械的にロックし、かつ、油圧システムの圧力を消散する。
・給電の遮断。

(2) 蓄積エネルギの消散が、通常使用時の機械の能力を過度に低減するため実施できない場合は、残存したエネルギを確実に制限、又は封じ込めるための追加手段を設ける。

(3) 蓄積エネルギの消散又は制限のための装置の選択・配置は、次の条件に従う。
①エネルギの消散、制限は機械の遮断による。
②エネルギの消散、制限工程で、危険状態が生じない。

(4) 蓄積エネルギの消散又は制限のために必要な手順は、取扱説明書、警告表示によって作業者へ伝える。

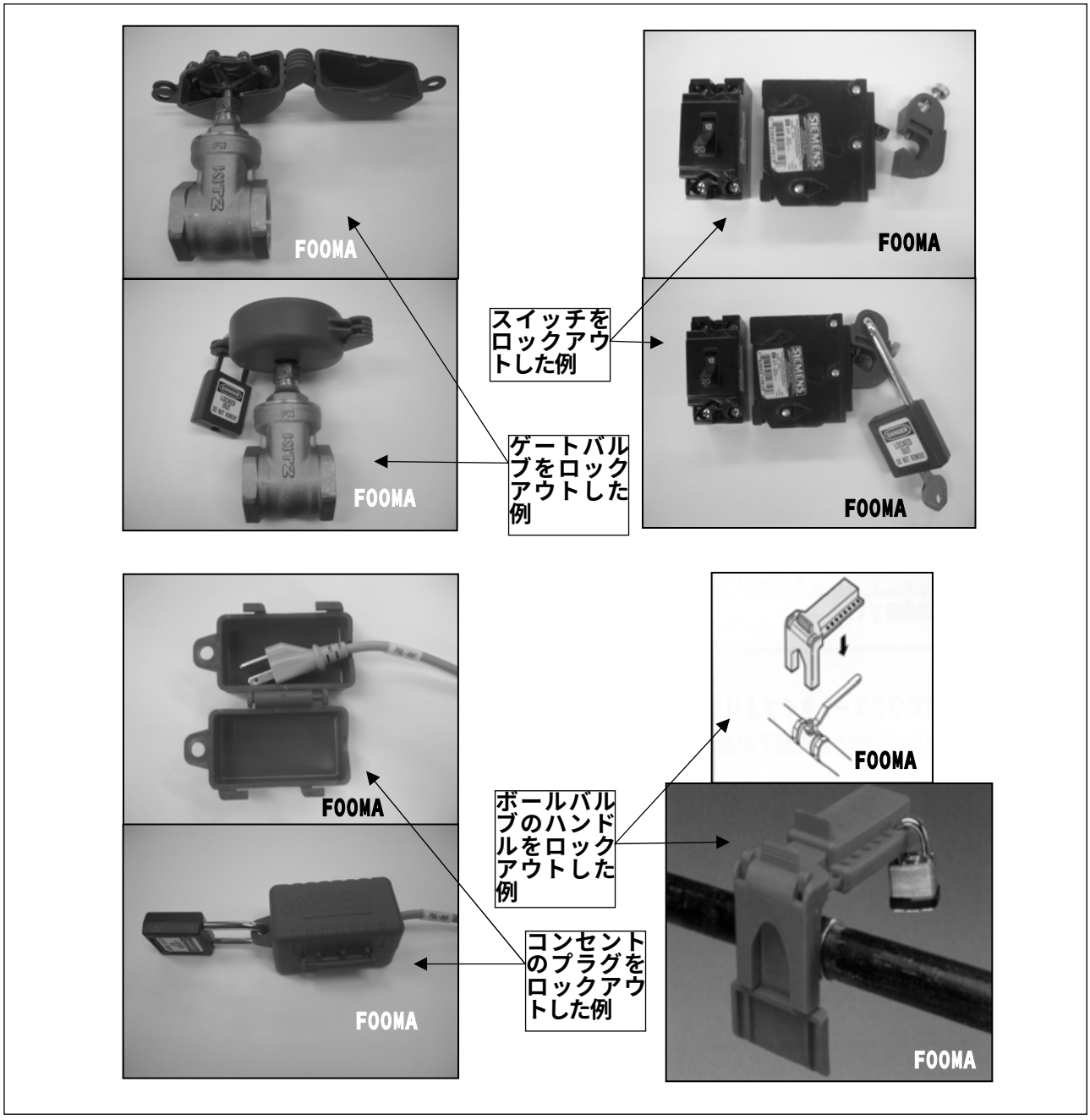
(5) 機械的要素(質量・位置・ばね負荷)による蓄積エネルギの消散・制限は次の通り。
①最も低いエネルギ状態(低い位置、ばねの開放状態)にするための機能を遂行する設計とする。
②不可能な場合は、ブレーキ、又は機械的拘束装置により固定する構造とする。

(6) 蓄積エネルギの制限のための装置は、必要な場合、施錠、又は固定できる構造とする。

備考：液空圧エネルギの消散については 5.1.6 にも関連事項有り

図表 5.6-6　ロックアウト用装置の例
（協力：ﾊﾟﾝﾄﾞｳｲｯﾄｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ日本支社）

図表 5.6-7　ロックアウト・タグアウトの例
（写真提供：ﾊﾟﾝﾄﾞｳｲｯﾄｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ日本支社）



図表 5.6-8　各種ロックアウトの例
（協力：ﾊﾟﾝﾄﾞｳｲｯﾄｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ日本支社）

5.6.4　機械への安全な接近

関連規格

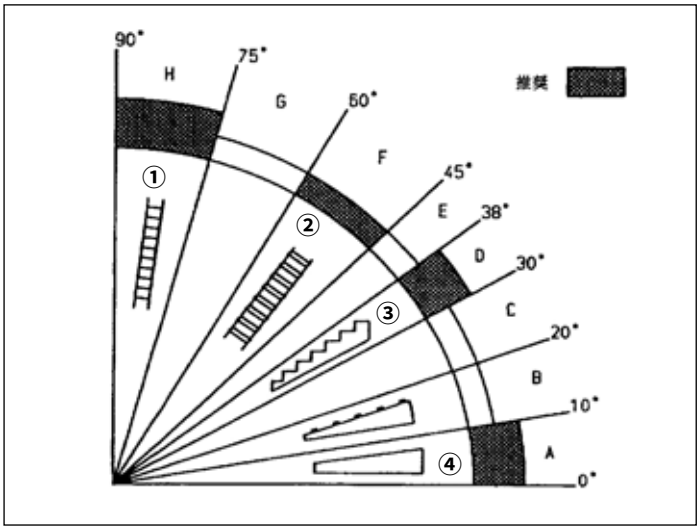
□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕5.5.6
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則
□ISO 14122-1:2001　〔JIS B 9713-1〕
機械類の安全性－機械類への常設接近手段－第 1 部：高低差のある 2 か所間の固定された昇降設備の選択
□ISO 14122-2:2001　〔JIS B 9713-2〕
機械類の安全性－機械類への常設接近手段－第 2 部：作業用プラットフォーム及び通路
□ISO 14122-3:2001　〔JIS B 9713-3〕
機械類の安全性－機械類への常設接近手段－第 3 部：階段，段ばしご及び防護さく（柵）
□ISO 14122-4:2004　〔JIS B 9713-4〕
機械の安全性－機械への恒久的アクセス手段－第 4 部：固定はしご
□BS EN 547-1:1997　〔JIS －〕
機械の安全性－人体の寸法－第 1 部：機械内部に全身がアクセスできるだけの開口部の必要寸法の決定原則
□BS EN 547-3:1997　〔JIS －〕
第 3 部：人体測定データ

5.6.4.1　高低差のある 2 か所間の昇降設備(ISO 14122-1 参照)

(1) 傾斜角に応じた昇降設備

高低差のある 2 か所に、固定された昇降設備を設ける場合、角度に応じて適切な昇降設備を選択する(図表 5.6-9 参照)。

①75°～90°：はしご
②45°～75°：段ばしご(可能な限り 60°までとする)
③20°～45°：階段（可能な限り 30°～38°とする）
④ 0°～20°：傾斜路(可能な限り 10°～20°の場合は、滑り防止特性を高めた構造とする）



図表 5.6-9　傾斜角に応じた昇降設備

(2) 昇降設備の選択に関する要求

①段ばしご、はしごの選択条件

これらの手段は可能な限り使用を回避しなければならない。使用する際の条件は次の通り。

a)垂直距離が短い

b)使用頻度が少ない

c)使用者は大きな道具等を携行しない

d)複数人が同時に使用しない

e)負傷者避難に使用されない

f)他の代替手段が採用できない

(3) 昇降機、傾斜路、階段の選択に関する要求

①昇降機を採用する条件

a)複数の作業者の頻繁な利用が想定される

b)垂直距離が長い

c)移送する荷物が重い

備考：昇降機には他の避難ルートを併設する

②傾斜路を採用する条件

a)垂直距離が短い

b)台車などの運搬車両の利用が考えられる場合の角度は次の通り

・手押し台車：最大傾斜角 3°

・フォークリフト等：最大傾斜角 7°

・歩行のみ：20°(一般に 10°以下)

③階段を採用する条件

望ましい角度は 30°～38°までの間とする。詳細は 5.6.4.3 参照。

5.6.4.2　作業用プラットフォーム及び通路(ISO 14122-2 参照)

作業用プラットフォーム及び通路は、その上にいる作業者が常に安全な構造でなければならない。

(1) 構造・材質

①十分な剛性、安定性確保する。

②接地環境を配慮する。特に水がたまらない構造とする。

③電食作用、温度膨張差の小さい材料を使用する。

④人体測定データに基づく寸法とする(EN 547-1、EN 547-3 参照)。

⑤プラットフォームや通路は、ものが落下しない構造とする。

⑥通常の作業中にプラットフォームや通路のいかなる場所も取り外して作業を行うことのない構造とする。
⑦プラットフォームや通路にじんあい等が堆積する恐れが考えられる場合は、それらを除去する手段を設ける。
⑧食品生産ラインの上部にプラットフォームや通路を設置する場合は、**JIS B 9650-2** 衛生要求事項を考慮する。

(2) 作業者の安全

①プラットフォームや通路の表面は、耐久のある滑り防止性能を備える。
②プラットフォームや通路から作業者が落下しない構造とする。
③プラットフォームや通路の手すりは、利用しやすい構造とする。
④プラットフォームや通路に通じる昇降設備は、緊急時に作業者が容易に避難できる構造とする。
⑤床上高さが **500mm** 以上のプラットフォームや通路には、防護柵を設ける。
⑥つまずきを回避するため、プラットフォームや通路上の最大段差は **4mm** 以下とする。

(3) 特別要求

①プラットフォームや通路は、じんあい等が放出されたり、またそれらが蓄積する恐れのあるか所から離れた場所に設置する。
②作業用プラットフォームの作業位置高さは、床上 **500～1 700mm** が望ましい。

(4) その他

その他落下物により引き起こされる危険、床面貫通落下、設計荷重については、**ISO 14122-2** 参照。

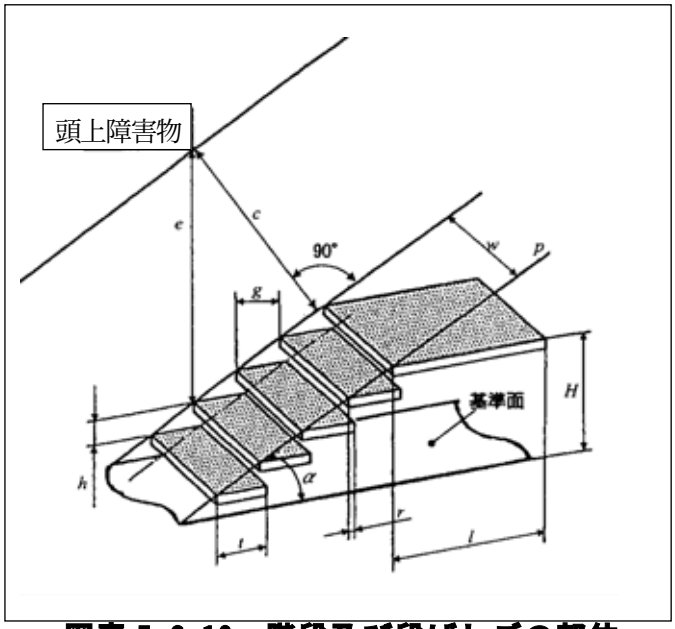
5.6.4.3　階段、段ばしご、防護さく(ISO 14122-3 参照)

(1) 階段に適用される安全要求

①水平移動距離 **g** 及び高さ **h** は次式を満たす。

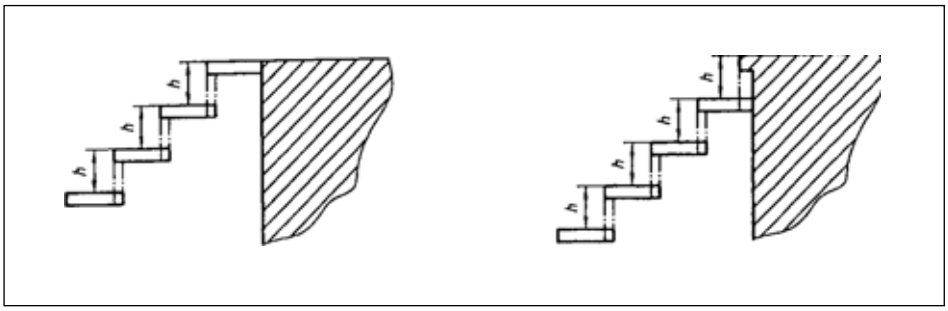
$$600 \leqq g + 2h \leqq 660 \quad (mm) \cdots\cdots\cdots\cdots \text{式 5.6-1}$$

②踏み板の重なり **r** は **10mm** 以上とする。
③階段のけ上げ高さは可能な限り一定とする。
④最上段の踏み板は上がり場面と同一平面とする。



H ：登り高さ
g ：水平移動距離
e ：頭上空間
h ：け上げ高さ
l ：上がり場の長さ
r ：踏み板の重なり
α：傾斜角度
w ：階段幅
p ：傾斜線
t ：踏み板の奥行き長さ
c ：間隔

図表 5.6-10　階段及び段ばしごの部位



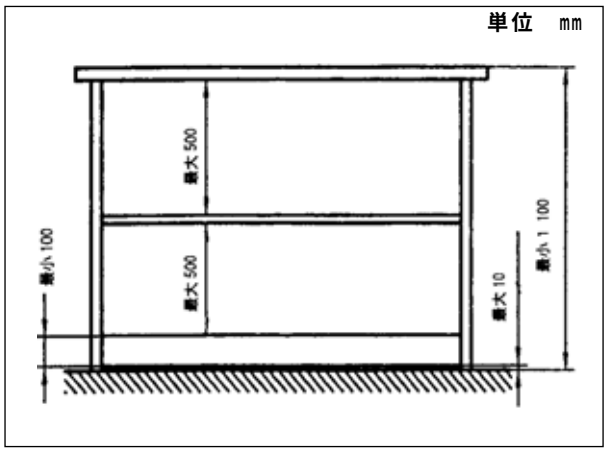
図表 5.6-11　階段の最上段設置方法

(2) 段ばしごに要求される安全要求

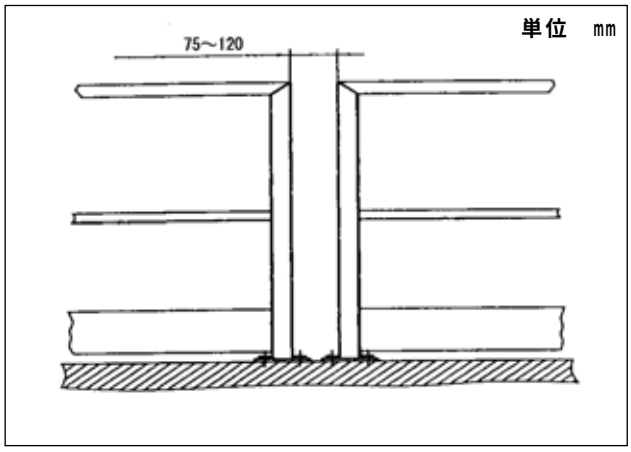
①踏み板の奥行き長さ **t** は、**80mm** 以上とする。
②け上げ高さ **h** は、**250mm** 以下とする。
③踏み板の重なり **r** は **10mm** 以上とする。
④側げた間又は防護さく間の内のり幅は、**450**～**800mm** の範囲とするが **600mm** が望ましい。
⑤け上げ高さ **h** は、可能な限り一定とする。
⑥頭上空間 **e** は、最低限 **2 300mm** とする。
⑦間隔 **c** は、最低限 **850mm** とする。
⑧はしごの登り高さ **H** は、**3 000mm** 以下とする。
最上段の踏み板は上がり場面と同一平面とする

(3) 防護さくに適用される安全要求

①500mm 以上の高さがあり、墜落の危険がある個所には防護さくを備える。
②プラットフォームと機械や壁等の隙間が、200mm 以上ある時は、防護さくを設ける。
③プラットフォームと隣接する構造物との隙間が 30mm 以上ある時は､つま先板を設ける。
④手すりの高さは 1 100mm 以上とする。
⑤防護さくは上部と床面との間に中桟(なかさん)等を含める。上部の手すりと中桟、及び中桟とつま先板の間隔は、どちらも 500mm 以内とする(図表 5.6-12 参照)。
⑥中桟の代わりに縦部材を使用する場合、それらの間隔は 180mm 以下とする。
⑦つま先板の高さは 100mm 以上とする。歩行平面及びプラットフォーム端との隙間が 10mm 以下とする(図表 5.6-12 参照)。
⑧支柱の軸間距離は 1 500mm 以下とする。
⑨途中に縦の隙間を設けた手すりの開口部幅は、75～120mm とする(図表 5.6-13 参照)。
⑩さくを越えた接近が必要な個所は、自動閉鎖扉を設ける。
⑪手すりの端は、作業者の衣服を引っ掛けるような危害を除去した構造とする。



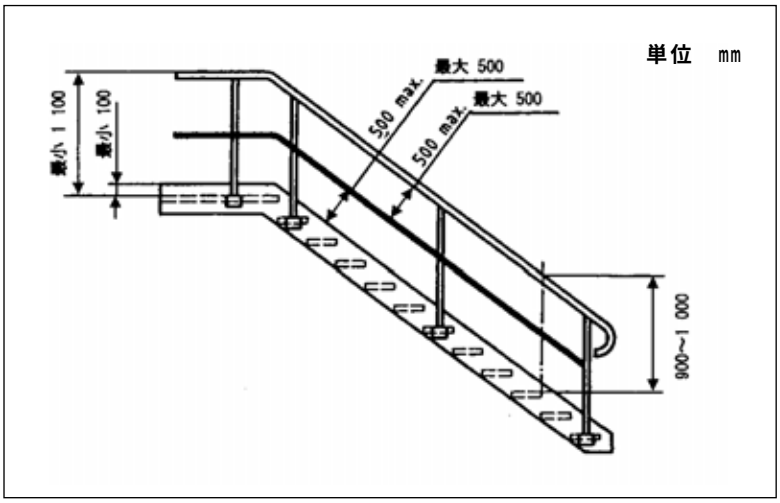
図表 5.6-12　水平防護さくの例



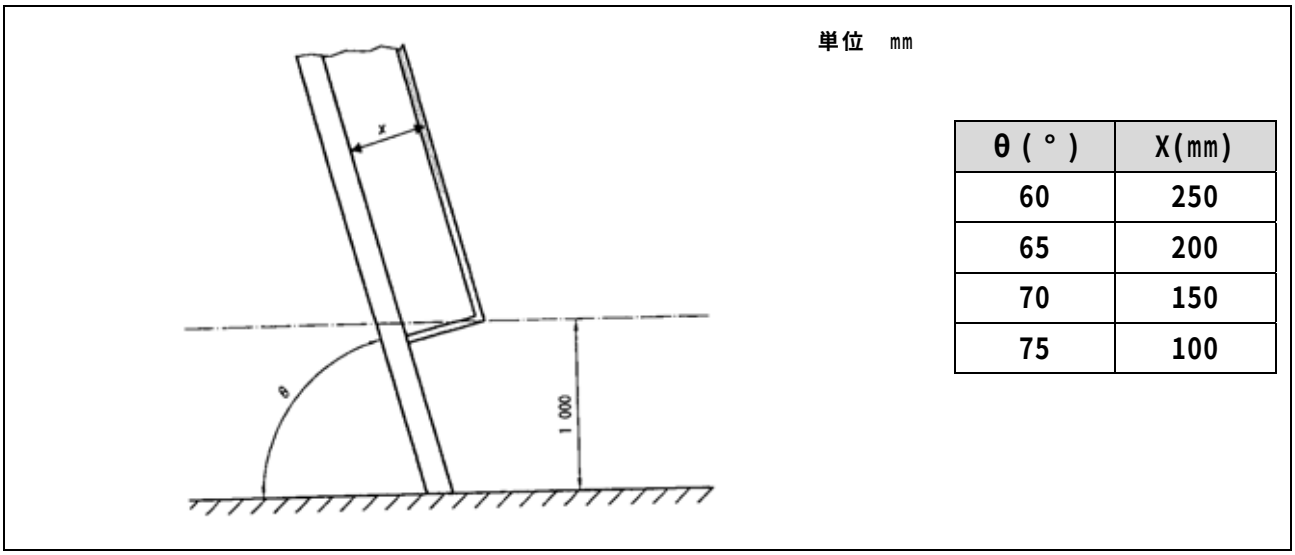
図表 5.6-13　二つの防護さくの隙間

(4) 階段及び段ばしごの防護さく

①階段幅が 1 200mm 以上の場合は、両側に手すりを設ける。段ばしごは幅に係わらず、常に両側へ手すりを設ける。
②500mm 以上の高さがあり、隣接する構造物との間隔が 200mm 以上開いているときは、防護さくを設ける。
③手すりの縦方向の高さは、踏み板の上部表面より 900～1 000mm とする。また、上がり場の歩行平面から 1 100mm 以上とする(図表 5.6-14 参照)。
④段ばしごの傾斜面からの手すり位置は、手すりを床面から垂直方向に 1 000mm 以下の位置から取り付ける条件で、図表 5.6-15 の通りとする。
⑤手すりは全長に渡り、手すり下面の支持金具を除き、手すりの半径 100mm 以内に障害物は設けない。



図表 5.6-14　階段の防護さくと水平な防護さくとの接続例



θ(°)	X(mm)
60	250
65	200
70	150
75	100

図表 5.6-15　段ばしごの手すり位置と傾斜面からの手すり中心線間距離の例

(5) その他

構造的要求、検証、据付要領、取扱説明書、等は省略。ISO 14122-3 参照。

5.6.4.4　固定はしご(ISO 14122-4 参照)

(1) 固定はしごの一般的安全要求

①はしごの設置環境、振動を考慮した構造とする。

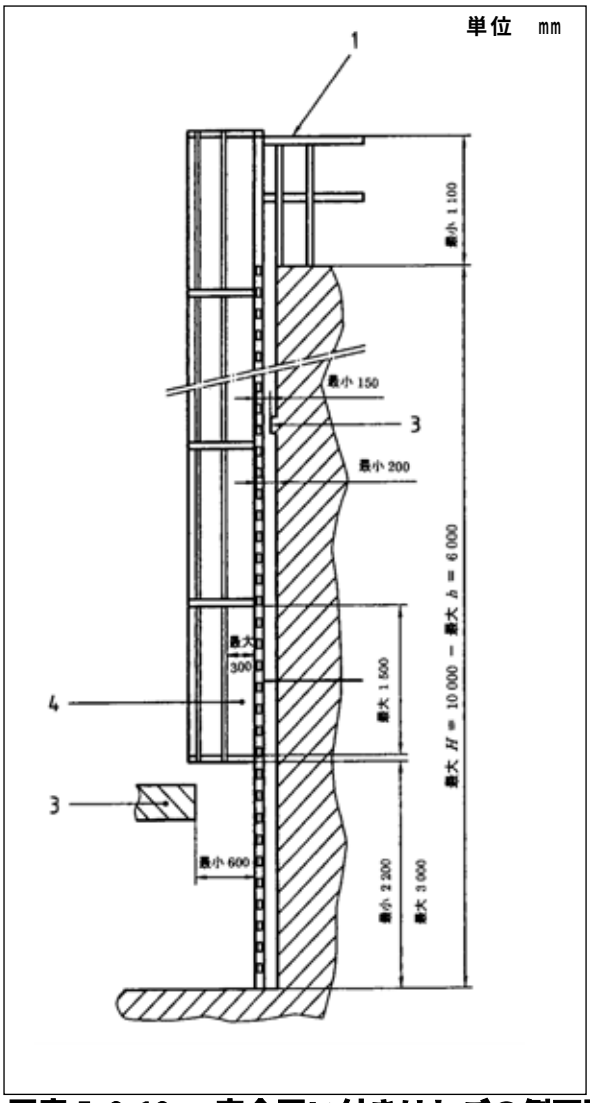
②可能な限り 2 支柱とする。

③作業者が接触すると考えられる全ての部分は、作業者の衣服を引っ掛けたり、作業者の身体を傷つけたり、又は昇降の邪魔にならない構造とする。

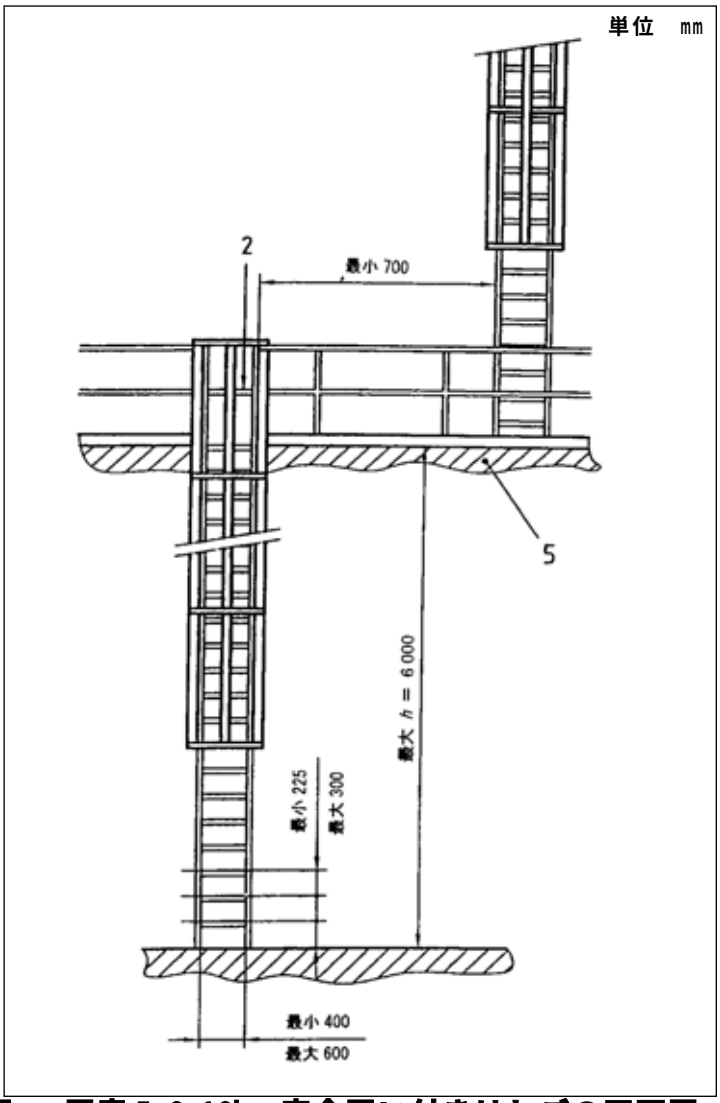
④取付金具、ヒンジ、固定点、支え、台座は十分な剛性を持ち、作業者の安全を常に確実にする構造とする。

(2) 固定はしごの基本的寸法

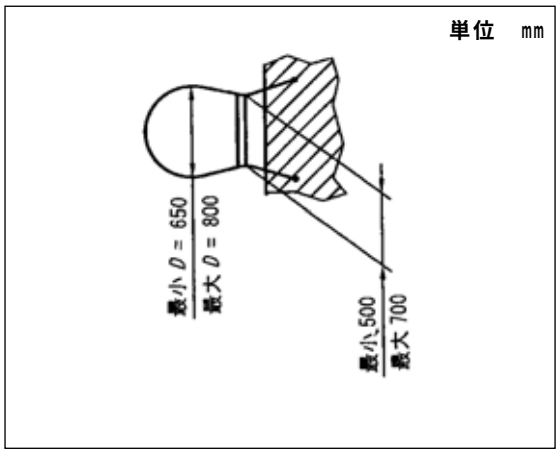
固定はしごの基本的な寸法は**図表 5.6-16** 参照。



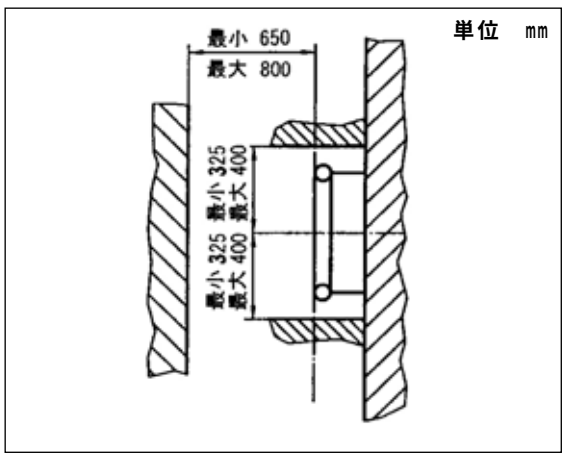
図表 5.6-16a　安全囲い付きはしごの側面図



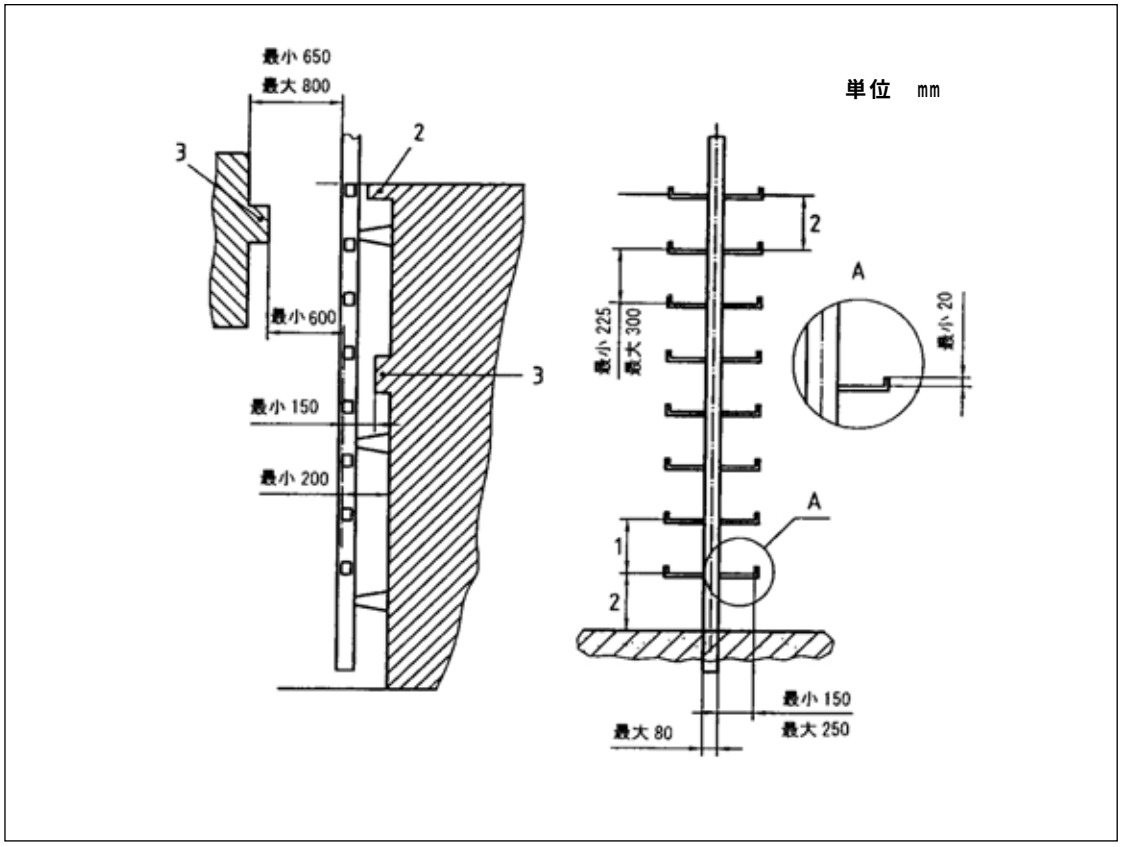
図表 5.6-16b　安全囲い付きはしごの正面図



図表 5.6-16c　安全囲い付きはしごの平面図



図表 5.6-16d　安全囲いなしのはしごの平面図



図表 5.6-17　支柱固定はしごの基本的寸法

(3) その他の要求事項

墜落防護装置の設置条件、はしごの基本寸法、安全囲い、固定ガイド上の誘導形墜落抑止装置、プラットフォーム、安全要求事項の検証、据付要領・取扱説明書については省略。**ISO 14122-4** 参照。

5.6.5　燃焼安全

関連規格

□ISO 12100-2:2002　〔JIS B 9700-2〕4.3
機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則－第 2 部：技術原則

□ISO 23550:2004　〔JIS 未制定〕
ガスバーナ及びガス燃焼器具の安全性及び制御装置－一般要求事項

□ISO 23551-3:2005　〔JIS 未制定〕
ガスバーナ及びガス燃焼機器の安全性及び制御装置－特定要求事項－第 3 部：ガス/空気比制御、空気圧タイプ

□ISO 23551-4:2005　〔JIS 未制定〕
ガスバーナ及びガス燃焼機器の安全性及び制御装置－特定要求事項－第 4 部:自動遮断弁のためのバルブ試験システム

□ISO 6806:1992　〔JIS 未制定〕
オイルバーナー用ゴムホース及びホースアセンブリ－規格

□ISO －〔JIS B 8415:1982〕
工業用燃焼炉の安全通則

□ISO －〔JIS B 8412:1981〕
ガンタイプ油バーナ用燃焼安全制御器

□ISO 23550:2004　〔JIS Z 8817:2002〕
防爆装置－第 1 部：空気中の可燃ダストの爆発指数の測定

□ISO 6184-2:1985　〔JIS 未制定〕
防爆装置－第 2 部：空気中の可燃ガスの爆発指数の測定

□ISO 6184-4:1985　〔JIS 未制定〕
防爆装置－第 4 部：爆発抑制装置の効果の測定

□ISO 8421-7:1987　〔JIS 未制定〕
防火－用語集－第 7 部：爆発検知及び阻止手段

□EN 125：1991　〔JIS 未制定〕
ガス燃焼装置用熱電子式火炎監視装置

□EN 161：2002　〔JIS 未制定〕
ガスバーナ、ガス器具用自動式遮断弁

5.6.5.1　燃焼炉に関する一般要求(JIS B 8415 参照)

(1) 安全遮断弁

①安全遮断弁は、燃焼用空気の供給が断たれる等の危険な状態が生じたとき、直ちに燃料の供給を遮断する。

②安全遮断弁には、バイパスを設けてはならない。

③安全遮断弁は、作動電源や作動空気圧等が断たれた場合は、自動的に燃料の供給を遮断する。

④安全遮断弁の取付は、バーナの近くとする。

⑤気体燃料を使用する燃料配管に取り付けられる安全遮断弁には、燃料漏れ試験のため、遮断弁の下流に燃料止め弁、テストコック等を設ける。

(2) プレパージ

①点火の直前にプレパージを行う。プレパージは炉内容積の 4 倍以上の空気で行う。

②プレパージの空気流量は、最大燃焼時の 4 倍以上の空気で行う。

(3) 異常時の操作

①火炎が消えたり、燃焼が不安定になるなど、危険な状態が生じた場合は、燃料を速やかに遮断する構造とする。

②異常燃焼による停止後の再起動は、プレパージから所定の操作により点火される構造とする。

(4) ポストパージ

①運転終了後は、安全な方法で燃料遮断弁を閉じ、ポストパージを行う。

(5) その他

燃焼炉、燃料タンク、配管等の要求事項については省略する。なお、以下に「プレパージ」、「安全遮断時間」に関する国際規格の比較表を記載するので、参考とされたい。

規　格	適用範囲	プレパージ時間	通風量	換気回数	特記事項
ガスボイラ燃焼設備の安全技術指標 日本瓦斯協会	10 万 kcal/h 以上（未満にも準用）	短時間	改題燃焼空気量の 50%以上	燃焼室容積（煙道含む）の 4 倍	排気ダンパ全開
UL規格 795	40 万 BTU/h を超える業務用・産業用	30 秒以上	最大時の流量以上	燃焼室と通路容積の 4 倍以上 風量は最大流量の 1/3 以上	自然通風のダンパは 90 秒のインタロック取付
		60 秒以上	最大時の流量の 1/2 以上		
		90 秒以上	最大時の流量の 1/2 以上		
FM規格	自動、半自動	－	最大燃焼時の 50%以上	燃焼室および煙道容積の 4 倍以上	自然通風のダンパは 90 秒以上開確認 300 万 kcal/h 以上は主遮断弁の閉確認
	手動	5 分以上	定格時の 25%以上、できるだけ 50%以上	燃焼室と煙道容積の 5 倍以上	主遮断弁の閉確認、ＦＭコックシステムを推奨
IRI 規格 (旧 FIA 規格)	自動、半自動、手動	必要な時間	最大風量の 60%以上	燃焼室および煙道容積の 4 倍以上	パージ中、煙道、ダンパ全開
DIN規格 4788	ガスバーナ	30 秒以上	バーナ定格以上のファン風量	燃焼室容積の 5 倍以上	排気回数の数値を優先

備考：UL、FM、IRI、DIN については、“ 用語の定義と略語 ” 参照

図表 5.6-18　ガス燃焼装置のプレパージに関する指標・規格比較

規　　格	適用範囲	燃 焼 量	点火時間		燃焼中の消炎時安全遮断時間	特記事項
			点火炎確立時間	主炎確立時間		
ガスボイラ燃焼設備の安全技術指標	10 万 kcal/h 以上のファン付きバーナ	50 万 kcal/h 未満	15 秒以下	時限点火式では 15 秒未満	4 秒以内	50 万 kcal/h 以上 1)時限点火を奨励 2)低燃焼位置で点火 3)5 秒以上の点火炎確認時間
		50 万 kcal/h 以上	10 秒以下			
UL規格 795	40 万 BTU/h を超える業務用・産業用	1,250 万 BTU/h 以下	重複および時限点火では 15 秒未満	時限点火式では 15 秒未満	3 秒以下	40 万 BTU/h を超えるものは、主炎確立後、主炎のみ検出、又は時限点火方式を採用
		1,250 万 BTU/h 超	10 秒未満	10 秒未満		
FM規格	産業用ガス炊きシングル、又は複数バーナ	時限点火方式	15 秒以下	10 秒以下	4 秒以下	手動では、点火炎・主炎とも 5 秒以内に点火しない時は弁を閉じてパージする
		50 万馬力以上のボイラ	10 秒以下			
IRI 規格 (旧FIA規格)	自動、半自動、手動	―	10 秒以下	15 秒以下	4 秒以下	―
DIN規格 4788	ファン付きガスバーナ	4 万 kcal/h 未満	8,000kcal/h 未満の点火バーナ最大 10 秒	最大 5 秒	1 秒以下	8 万 kcal/h を超えるバーナは、通常出力の 10～40％低燃始動。 点火時 30 万 kcal/h 未満では、電気直接点火でもよい
		8 万 kcal/h 未満		最大 3 秒		
		8 万 kcal/h 以上		最大 2 秒 (電気直接点火)		

図表 5.6-19　ガス燃焼装置の点火時間および安全遮断時間に関する指標・規格比較

5.6.5.2　ガス燃焼装置用熱電子式火炎監視装置(EN125 参照)

(1) 構造に関する一般要求

①装置は、製造者の指示に従って取付けられて使用される場合、正しく機能するよう設計・製造・組立てられなければならない。

②熱電子電流が停止した場合、少なくとも 10mmbar を超える圧力で開くシール力でバーナへのガスの供給を自動的に遮断する構造とする。

③装置は、損傷、傷害または正しくない操作の原因となるような鋭い縁、または角のない構造とする。またどの部品も、内部、外部共に汚れていてはならない。

④装置の部品の組立て、及び装置の取付けに使用されるネジ孔、ピン孔等はガスの通路を貫通してはならない。これらの孔とガスの通路との壁厚は少なくとも 1mm 以上なければならない。

⑤装置の製造過程でガスの通路と大気をつなぐために必要であるが、装置の機能に影響がない孔は金属材料を使う方法で永久的にシールしなければならない。適切な継目にはシール材を追加的に使用しても良い。

⑥測定用及び試験用のものを含み、サービス、調整、あるいは交換のために分解される

ことがある閉止部品は、気密性が機械的な方法によって確保される構造でなければならない。但し、永久的な組立部品で、通常の使用条件の下で効果を持続する限りにおいて、継目シール材を使用することは可能である。

サービス、調節、交換の際に分解を予定していない閉止部品は、手を付けられたことが分るよう、ラッカー等で封印しなければならない。

⑦メンテナンス等の為に分解が必要となる部品は一般的な工具を使用して分解、再組立が可能な構造とする。それら部品は製造者の指示に従う場合、間違った組立が不可能な構造を有するか、マーキングを施す。

⑧サービスの際に取外す可能性のあるネジ式の取付部は、別の種類のネジが装置の正しい機能、調節に不可欠でない限り、**ISO 262: 1973** に従う。

ネジを立て切屑を発生させるセルフタップ式のネジは、ガスを内包する部品あるいはサービスの為に取外される可能性のある部品の接続に用いてはならない。

ネジを成形することで切屑を発生させることがないセルフタップ式のネジは使用が可能である。それらは上記 **ISO** 規格に適合するメートル機械ネジで交換が可能でなければならない。

⑨ダイヤフラム、ベロー等の可動部品の作動は他の部品によって妨げられることがあってはならない。

⑩ガスを内包する部分の結合で、シール材の融点が適用後に **450℃**に満たない部分でハンダ付けまたはその他の処理方法は、追加でのシールの目的の場合を除き使用してはならない。

(2) その他要求事項

EN 125 は構造に関する一般要求の他、次の事項について定めている

①材料の一般要求
②性能に関する一般要求
③機密性
④定格流量
⑤操作トルク、及び力
⑥点火、始動に関するインタロック
⑦閉止電流
⑧ねじり及びまげ
⑨耐久性
⑩試験方法

5.6.5.3　ガスバーナ、ガス器具用自動式遮断弁(EN161 参照)

(1) 弁のクラス

①クラス A、B 及び C の弁

ガスの入口圧力によってシール力が減少しない弁。別に定めるシール力に関する要件に従い、**A**、**B** または **C** に区分する。

② クラス D の弁

いかなるシール力の要件にも従っていない弁。

③ クラス E の弁

ガスの入口圧力によってシール力が減少し、別に定める要件を満たす。

④クラス J の弁

ガスの入口圧力によってシール力が減少せず､別に定める要件を満足するディスク オン シート型。

(2) 弁のグループ

弁はそれが耐えられることを要求される曲げ応力に応じ、グループ 1 またはグループ 2 の弁に区分する。

①グループ 1 の弁

取付け配管により曲げ応力を受けることなしに（たとえば近接して強固なサポートを使用する場合）器具及び／または装置に使用される弁。

②グループ 2 の弁

器具の内側あるいは外側にかかわらず、どのような状況であっても典型例としてサポートなしに使用される弁。このグループの弁はグループ 1 の弁の要件も満足する。

(3) 構造に関する一般要求事項

①弁は、製造者の指示に従って取付け、使用される場合、正しく機能するよう設計・製造・組立てられていなければならない。

②弁は、損傷、傷害または正しくない操作の原因となるような鋭い縁、または角を有していてはならない。どの部品も、内部、外部共に汚れていてはならない。

弁の分解及び組立てには工具の使用を必要としなければならない。弁が閉じるのに邪魔になるような露出したシャフト、あるいは操作レバーがあってはならない。

③弁部品の組立て、及び弁の取付けに使用されるネジ孔、ピン孔等はガスの通路に貫通してはならない。これらの孔とガスの通路との壁厚は少なくとも 1mm 以上なければならない。

④弁の製造過程でガスの通路と大気をつなぐために必要であるが､弁の作動に影響がない孔は金属材料を使う方法で永久的にシールされなければならない。適切な継目にはシール材を追加的に使用しても良い。

⑤測定用及び試験用のものを含み、サービス、調整、あるいは交換のために分解されることがある閉止部品は、別に定める気密性が、液状、ペースト状、あるいはテープ状の継目シール材を使用せず、機械的な方法（たとえばメタル・ジョイントあるいは O リング）により確保される構造を有していなければならない。永久的な組立部品に使用される継目シール材は通常の運用条件の下で効果を持続しなければならない。

⑥メンテナンスなどの為に分解が必要となる部品は一般的に入手可能な工具を使用して分解、再組立が可能でなければならない。それら部品は製造者の指示に従う場合、間違った組立が不可能な構造を有するか、マーキングが施されていなければならない。

サービスの際に取外す可能性のあるネジ式の取付部は ISO 262: 1998 のメートルネジ

でなければならない。
ネジを立て切屑を発生させるセルフタップ式のネジは、ガスを内包する部品あるいはサービスの為に取外される可能性のある部品の接続に用いてはならない。
ネジを成形することで切屑を発生させることがないセルフタップ式のネジは、それらが **ISO 262: 1998** に適合するメートルネジで交換が可能である場合、使用が可能である。

⑦可動部品（たとえばダイヤフラム、ベロー）の作動は他の部品によって妨げられることがあってはならない。

⑧ガスを内包する部分のシールで、シール材の融点が適用後に **450℃**に満たない部分でハンダ付けまたはその他の処理方法は、追加でのシールの目的の場合を除き使用してはならない。

⑨閉位置指示スイッチを装着している場合、それが弁の正常な作動を妨げることがあってはならない。アジャスタは干渉状態が指示できるようにシールされていなければならない。スイッチ及び作動機構がその設定位置からずれた場合も、弁の正常な作動を妨げることがあってはならない。

⑩連続制御式の弁の流量は製造者が公表した範囲の全域に渡り、調節が可能でなければならない。一点で流量を調節すると、他の点での流量の設定が影響を受ける場合、製造者の設定に関する指示書にそれを明確に記述しなければならない。流量の設定には工具の使用を必要とし、不正な調節を防ぐよう設定状態が封印される構造でなければならない。

(4) その他要求事項

EN161 は構造に関する一般要求の他、次の事項について定めている

①材料の一般要求
②ガス溶接部
③グランドの可動部のシール
④圧力試験孔
⑤ストレーナ
⑥空気圧及び油圧の作動機構
⑦電気装置
⑧省電力回路
⑨性能上の要件
⑩試験方法

第５章　附属書 1.
食品機械の安全・衛生設計に関係する主な規格

備考 1.この資料は、機械類の安全性に関する国際規格(ISO)に良く引用される、あるいは食品機械の安全・衛生設計に関係すると思われる主な規格を一覧とした。ここに掲載している規格は、機械類の安全性に関する国際規格の一部であり、全てではない。

備考 2.ISO に対応する EN 規格、及び JIS 規格を参考に記載している。これらの規格は、規格によって要求事項が一部異なるので、使用する際、注意が必要である。

備考 3.機械類の安全性に関する ISO のほとんどは、EN 規格がベースとなっている。参考のため EN 規格も併記した。また、ISO が引用している、あるいは食品機械に関係する主な EN 規格は単独でも記載した。

備考 4.本書は ISO を中心に記載している。EN 規格は「参考」としての扱いであるため、EN 規格を全てリスト化していない。

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO 12100-1:2003	EN ISO 12100-1	JIS B 9700-1:2004	機械類の安全性－基本概念，設計の一般原則－第 1 部：基本用語，方法論
ISO 12100-2:2003	EN ISO 12100-2	JIS B 9700-2:2004	機械類の安全性－基本概念，設計の一般原則－第 2 部：技術原則
ISO 14121:1999	EN 1050	JIS B 9702:2000	機械類の安全性－リスクアセスメントの原則
	EN 1070		機械類の安全性－用語集（この文書は、他の文書から採った用語及び定義のアンソロジーである）－廃止－
一　般			
ISO 13849-1:1999	EN 954-1	JIS B 9705-1:2000	機械類の安全性－制御装置の安全性関連部品－第 1 部：設計の一般原則
ISO 13849-2:2003	EN ISO 13849-2		機械類の安全性－制御システムの安全関連部－第 2 部：妥当性確認
ISO/TR 13849-100:2000	EN 954-100		機械の安全性－制御システムの安全性関連部分－第 100 部:ISO 13849-1 の使用及び適用
ISO 13850:1996	EN 418	JIS B 9703:2000	機械類の安全性－非常停止－設計の原則
ISO 13851:2002	EN 574	JIS B 9712:予定	機械類の安全性－両手操作制御装置－機能的側面－設計原則
ISO 13852:1996	EN 294	JIS B 9707:2002	機械類の安全性－危険区域に上肢が触れない安全距離
ISO 13853:1998	EN 811	JIS B 9708:2002	機械類の安全性－危険区域に下肢が触れない安全距離
ISO 13854:1996	EN 349	JIS B 9711:2002	機械類の安全性－人体の一部が挟まれない最小隙間
ISO 13855:2002	EN 999	JIS B 9715:予定	機械類の安全性 - 人体各部の接近速度に対応した保護機器の位置決め
ISO 13856-1:2001	EN 1760-1		機械類の安全性－感圧保護装置－第 1 部：感圧マット及び感圧フロアの一般原則及び試験
ISO 13856-2:2005	EN 1760-2		機械類の安全性－感圧保護装置－第 2 部：設計及び圧力試験の一般原則－感圧バーの感応エッジ
ISO 14118:2000	EN 1037	JIS B 9714:予定	機械類の安全性－予定外始動の防止
ISO 14119:1998	EN 1088	JIS B 9710:予定	機械類の安全性－ガードと連動するインタロック装置－設計及び選択の原則
ISO 14120:2002	EN 953	JIS B 9716:予定	機械類の安全性 - ガード - 固定式及び可動式ガードの設計及び製造のための一般要求事項
ISO 14122-1:2001	EN ISO 14122-1	JIS B 9713-1:2004	機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第 1 部：二つのレベル間の固定接近手段の選択
ISO 14122-2:2001	EN ISO 14122-2	JIS B 9713-2:2004	機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第 2 部：作業用足場及び通路
ISO 14122-3:2001	EN ISO 14122-3	JIS B 9713-3:2004	機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第 3 部：階段，はしご及びガードレール
ISO 14122-4:2004	EN ISO 14122-4	JIS B 9713-4:2004	機械類の安全性－機械への恒久的アクセス手段－第 4 部：固定はしご
ISO 14123-1:1998	EN 626-1	JIS B 9709-1:2001	機械類の安全性－機械が放出する有害物質からの健康リスクの防止－第 1 部：機械製造業者の原則及び仕様
ISO 14123-2:1998	EN 626-2	JIS B 9709-2:2001	機械類の安全性－機械が放出する有害物質からの健康リスクの防止－第 2 部：検証手順を導く方法論
ISO 14159:2002	EN ISO 14159		機械類の安全性－機械設計の衛生要求事項
ISO 19353:2005	EN 13478		機械類の安全性－防火及び保護
	EN 1093-1		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 1 部：試験方法の選択

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
	EN 1093-3		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 3 部：特定の汚染物質の放出率－実際の汚染物質を使用する台上試験
	EN 1093-4		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 4 部：排気系統の補足効率－トレーサ試験
	EN 1093-6		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 6 部：質量による分離効率、非導管排出口
	EN 1093-7		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 7 部：質量による分離効率、導管排出口
	EN 1093-8		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 8 部：汚染物質濃度バラメタ、試験ベンチ法
	EN 1093-9		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 9 部：汚染物質濃度バラメタ、室内法
	EN 1093-11		機械類の安全性－大気危険物質の放出の評価－第 11 部：除染指数
	EN 1127-1		爆発性雰囲気－防爆及び保護－第 1 部：基本概念及び方法論
	EN 12198-1		機械類の安全性－機械から放出される放射線がもたらすリスクの評価及び低減－第１部：一般原則
	EN 12198-2		機械類の安全性－機械から放出される放射線がもたらすリスクの評価及び低減－第２部：放射線放出計測手順
	EN 12198-3		機械類の安全性－機械から放出される放射線がもたらすリスクの評価及び低減－第３部：減衰又は遮へいによる放射線の低減
電気/制御			
IEC 60529:2001		JIS C 0920	エンクロージャによる国際保護等級(IP コード)
IEC 60204-1:2005	EN 60204-1	JIS B 9960-1	機械類の安全性－機械の電気機器－第 1 部：一般要求事項
IEC 61131-1:2003	EN 61131-1	JIS B 3501	プログラマブルコントローラ－第１部:一般情報
IEC 61131-2:2004	EN 61131-2	JIS B 3502	プログラマブルコントローラ－第 2 部：機器要求事項及び試験
IEC 61131-3:2003	EN 61131-3	JIS B 3503	プログラマブルコントローラ－第 3 部：プログラム言語
IEC/TR 61131-4		JIS TR B 0004	プログラマブルコントローラ　-第 4 部：使用指針
IEC 61131-7:2000	EN 61131-7		プログラマブルコントローラ－第 7 部：ファジー制御プログラミング
IEC/TR 61131-8:2003	－		プログラマブルコントローラ－第 8 部：プログラム言語の適用及び実施の指針
IEC 61310-1:1995	EN 61310-1	JIS B 9706-1	機械類の安全性－指示，マーキング及び作動－第 1 部：視覚的，音響及び触覚信号
IEC 61310-2:1995	EN 61310-2	JIS B 9706-2	機械類の安全性－指示，マーキング及び作動－第 2 部：マーキング要求事項
IEC 61310-3:1999	EN 61310-3	JIS B 9706-3	機械類の安全性－指示，マーキング及び作動－第 3 部：アクチュエータの位置及び操作の要求事項
IEC 61496-1:2004	EN 61496-1	JIS B 9704-1	機械類の安全性－電気感光性保護機器－第 1 部：一般要求事項及び試験
IEC 61496-2:1997	EN 61496-2	JIS B 9704-2	機械類の安全性－電気感光性保護機器－第 2 部：能動的光電子保護装置(AOPDs)を使用する機器の特定要求事項
IEC 61496-3:2001	EN 61496-3	JIS B 9704-3	機械類の安全性－電気感光性保護機器－第 3 部：拡散反射に応答する能動的光電子保護装置(AOPDDR)に関する特定要求事項
IEC 61508-0:2005			電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 0 部：機能的安全性及び IEC 61508
IEC61508-1:1998		JIS C 0508-1	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 1 部：一般要求事項
IEC61508-2:2000		JIS C 0508-2	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 2 部：電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの要求事項
IEC61508-3:1998		JIS C 0508-3	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 3 部：ソフトウエア要求事項
IEC61508-4:1998		JIS C 0508-4	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 4 部：定義及び省略
IEC61508-5:1998		JIS C 0508-5	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 5 部：安全性一体レベルの決定方法の例
IEC61508-6:2000		JIS C 0508-6	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 6 部：IEC 61508-2 及び IEC 61508-3 の適用の指針
IEC61508-7:2000		JIS C 0508-7	電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性－第 7 部：手法及び措置の概要
IEC 61511-1			機能的安全性－プロセス工業部門の安全計装システム－第 1 部：枠組み，定義，システム，ハードウェア及びソフトウェア要求事項
IEC 61511-2			機能的安全性－プロセス工業部門の安全計装システム－第 2 部：IEC 61511-1 の適用の指針

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
IEC 61511-3			機能的安全性－プロセス工業部門の安全計装システム－第 3 部：安全度水準の決定のための指針
IEC 60715:1981			低電圧開閉装置及び制御装置の寸法。開閉装置及び制御装置設備の電気装置の機械的支持のための標準レール取付
IEC 60947-5-1	EN 60947-5-1		低電圧開閉装置及び制御装置－第 5-1 部：制御回路装置及び開閉素子－電気機械制御回路装置
IEC 60947-5-2			低電圧開閉装置及び制御装置－第 5-2 部：制御回路装置及び開閉素子－近接スイッチ
IEC 60947-5-3	EN 60947-5-3		低電圧開閉装置及び制御装置－第 5-3 部：制御回路装置及び開閉要素－故障条件で定義された挙動を持つ近接装置の要求事項
IEC 60947-5-4			低電圧開閉装置及び制御装置－第 5-4 部：制御回路装置及び開閉素子－低電力接点の性能評価法－特殊試験
IEC 60947-5-5	EN 60947-5-5		低電圧開閉装置及び制御装置－第 5-5 部：制御回路装置及び開閉要素－機械的ラッチ機能を持つ電気的非常停止装置
IEC 60947-5-6			低電圧開閉装置及び制御装置－第 5-6 部：制御回路装置及び開閉要素－近接センサ及び開閉増幅器(NAMUR)のための直流インタフェース
IEC 60947-5-7			低電圧開閉装置及び制御装置－第 5-7 部：制御回路装置及び開閉素子－アナログ出力をもつ近接素子の要求事項
IEC/TR 62271-301 :2004			高電圧開閉装置及び制御装置－第 301 部：端子の寸法標準化
IEC/TS 62046:2004			機械の安全性－人の存在を検出するための保護機器の応用
IEC 62061:2005	EN62061		機械の安全性－安全関連電気/電子/プログラム可能電子制御システム
流体動力			
ISO 4413:1998	EN 982	JIS B 8361	油圧動力－システムに関する一般規則
ISO 4414:1998	EN 983	JIS B 8370	空気流動力－システムに関する一般規則
振　動			
ISO 2041:1990		JIS B 0153	振動及び衝撃－用語集
ISO 10816-1:1995		JIS B 0906	機械振動－非回転部の測定による機械振動の評価－第 1 部：一般的指針
ISO 2631-1:1997		JIS B 7760-2	機械振動及び衝撃－全身振動に暴露される人体の評価－第 1 部：一般要求事項
ISO 2631-2:2003			機械振動及び衝撃－人体の全身振動暴露の評価－第 2 部：建物内の振動 (1 Hz～ 80 Hz)
ISO 2017:1982			振動及び衝撃－絶縁装置－特定の規定手順
ISO 2017-1:2005			機械振動及び衝撃－弾性支持装置－第 1 部：分離装置の適用のために交換すべき技術情報
ISO 5349-1:2001			機械振動－手腕系振動への人体暴露の測定及び評価－第 1 部：一般要求事項
ISO 5349-2:2001		JIS B 7761-2	機械振動－手腕系振動への人体暴露の測定及び評価－第 2 部：作業現場における測定の実施の指針
ISO 5805:1997		JIS Z 8131	
	EN 1032		機械振動－全身振動放出値を測定するための可動機械の試験－一般
	EN 1033		手腕系振動－手案内式機械の握り面における振動の試験所内測定－一般
	EN 1299		機械振動及び衝撃－機械の振動絶縁方法－振動発生源の絶縁方法
電磁両立性(EMC)			
	EN 50081-1		電磁両立性－一般放出規格－第１部：住宅，商業及び軽工業
	EN 50081-2		電磁両立性－一般放出規格－第２部：工業環境
	EN 50082-1		電磁両立性－一般イミュニティ規格－第１部：住宅，商業及び軽工業
IEC 61000-4-2:2001	EN 61000-4-2	JIS C 1000-4-2	電磁両立性(EMC)－第 4-2 部：試験及び測定技術－静電放電イミュニティ試験
IEC 61000-4-3:2002	EN 61000-4-3	JIS C 1000-4-3	電磁両立性(EMC)－第 4-3 部：試験及び測定技術－放射，無線周波数，電磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-4:2004	EN 61000-4-4	JIS C 1000-4-4	電磁両立性(EMC)－第 4-4 部：試験及び測定技術－電気的ファストトランジェント(高速過渡現象) /バーストイミュニティ試験　基本 EMC 出版物
IEC 61000-4-5:2005	EN 61000-4-5	JIS C 1000-4-5	電磁両立性(EMC)－第 4-5 部：試験及び測定技術－サージイミュニティ試験
IEC 61000-4-6:2004	EN 61000-4-6	JIS C 1000-4-6	電磁両立性(EMC)－第 4-6 部：試験及び測定技術－無線周波数界で誘導された伝導妨害に対するイミュニティ
IEC 61000-4-7:2002	EN 61000-4-7	JIS C 1000-4-7	電磁両立性(EMC) - 第 4-7 部：試験及び測定技術 - 電力供給システム及びこれに接続される装置のための高調波及び中間高調波測定並びに計装に関する一般指針

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
IEC 61000-4-8:2001	EN 61000-4-8	JIS C 1000-4-8	電磁両立性(EMC)－第 4-8 部：試験及び測定技術－電源周波数磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-11:2004	EN 61000-4-11	JIS C 1000-4-11	電磁両立性（EMC)-第 4-11 部：試験及び測定技術－電圧ディップ，停電及び電圧変動イミュニティ試験
IEC 61000-6-2:2005	EN 61000-6-2		電磁両立性(EMC)－第 6-2 部：一般規格－工業環境のイミュニティ
音　響			
ISO 3740:2000	EN ISO 3740		音響－騒音源の音響出力レベルの測定－基本規格の使用法指針
ISO 3741:1999	EN ISO 3741	JIS Z 8734:2000	音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－残響室のための精密測定法
ISO 3743-1:1994	EN ISO 3743-1		音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－残響音場における小移動音源での測定方法－第 1 部：壁面が硬い試験室での比較法
ISO 3743-2:1994	EN ISO 3743-2		音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－残響音場における小移動音源での測定方法－第 2 部：特殊残響試験室での測定法
ISO 3744:1994	EN ISO 3744	JIS Z 8733:2000	音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－反射平面上の実質自由音場での測定法
ISO 3745:2003	EN ISO 3745		音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－無響室及び半無響室での精密測定法
ISO 3746:1995	EN ISO 3746		音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－反射面の上に包囲測定面を設ける測定法
ISO 3747:2000	EN ISO 3747		音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－現場での比較法
ISO 4871:1996	EN ISO 4871		音響－機械及び機器の騒音発生量の宣言及び検証
ISO 9614-1:1993	EN ISO 9614-1	JIS Z 8736-1:1999	音響－音響インテンシティによる騒音源音響パワーレベルの測定－第 1 部：非連続点での測定
ISO 9614-2:1996	EN ISO 9614-2	JIS Z 8736-2:1999	音響－音響インテンシティによる騒音源音響パワーレベルの測定－第 2 部：走査による測定
ISO 9614-3:2002	EN ISO 9614-3		音響－音響インテンシティによる騒音源音響パワーレベルの測定－第 3 部：走査による測定の精密方法
ISO 11200:1995	EN ISO 11200		音響－機械及び装置～放射された騒音－ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測に使用される基本的規格に対する指針
ISO 11201:1995	EN ISO 11201	JIS Z 8737-1:2000	音響－機械及び装置～放射された騒音－ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測－反射面上の真の自由空間における工学手法
ISO 11202:1995	EN ISO 11202	JIS Z 8737-2:2000	音響－機械及び装置～放射された騒音－ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測－現地調査方法
ISO 11203:1995	EN ISO 11203		音響－機械及び装置～放射された騒音－音響パワーレベルによるワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測
ISO 11204:1995	EN ISO 11204		音響－機械及び装置～放射された騒音－ワークステーション及び他の所定の位置における放射音圧レベルの計測－環境的相関を要求する方法
ISO 11205:2003	EN ISO 11205		音響－機械及び機器から放射される騒音－音響強度を用いた作業場及びその他の規定場所における現場の放射音圧レベルの測定のための工学的方法
ISO/TR 11688-1:1995	EN ISO 11688-1		音響学－低騒音機械及び機器の設計の推奨手順－第 1 部：計画
ISO 11690-1:1996	EN ISO 11690-1		音響学－防音機械室の設計のための推奨作業－第 1 部：防音戦略
ISO 11690-2:1996	EN ISO 11690-2		音響学－防音機械室の設計のための推奨作業－第 2 部：防音措置
ISO 12001:1996	EN ISO 12001		音響学－機械及び装置によって放出される雑音－雑音試験コードの原案作成及び提出に関する規則
人間工学			
ISO 6385:2004	ENV 26385 (EN614-1)		作業システム設計における人間工学の原則
ISO 7243:1989	ENV 27243	JIS Z 8504:1999	暑熱環境－WBGT 指数(湿球黒球温度)指数に基づく作業者の熱ストレス評価
ISO 7250:1996	EN ISO 7250	JIS Z 8500:2002	技術的設計のための基本人体測定項目
ISO 7726:1998	EN 27726		温熱環境の人間工学－熱環境物理量測定のための機器と方法
ISO 7730:2005	EN ISO 7730		熱環境の人間工学－PMV 及び PPD 指標の計算及び局所快適温熱基準による快適温熱の分析的測定及び解釈
ISO 7731:2003			人間工学－公共の場所及び職場の危険信号－聴覚危険信号
ISO 7933:2004	EN 12515		熱環境の人間工学－必要発汗率の計算による熱ストレス解析
ISO 8996:2004	EN 28996		人間工学－代謝熱産生量の算定法

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO 9241-1:1997	EN ISO 9241-1	JIS Z 8511:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第１部：通則
ISO 9241-2:1992	EN 29241-2	JIS Z 8512:1995	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第２部：仕事の要求事項についての手引き
ISO 9241-3:1992	EN 29241-3	JIS Z 8513:1994	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第３部：視覚表示の要求事項
ISO 9241-4:1998	EN ISO 9241-4	JIS Z 8514:2000	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第４部：キーボードの要求事項
ISO 9241-5:1998	EN ISO 9241-5	JIS Z 8515:2002	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第５部：ワークステーションのレイアウト及び姿勢の要求事項
ISO 9241-6:1999	EN ISO 9241-6		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第６部：作業環境の指導事項
ISO 9241-7:1998	EN ISO 9241-7	JIS Z 8517:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第７部：画面反射に関する表示装置の要求事項
ISO 9241-8:1997	EN ISO 9241-8	JIS Z 8518:1998	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第８部：表示色の要求事項
ISO 9241-9:2000	EN ISO 9241-9		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第９部：キーボード以外の入力デバイスの要求事項
ISO 9241-10:1996	EN ISO 9241-10	JIS Z 8520:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第10部：対話の原則
ISO 9241-11:1998	EN ISO 9241-11	JIS Z 8521:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第11部：使用性の手引
ISO 9241-12:1998	EN ISO 9241-12		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第12部：情報の提示
ISO 9241-13:1998	EN ISO 9241-13		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第13部：利用者案内
ISO 9241-14:1997	EN ISO 9241-14	JIS Z 8524:1999	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第14部：メニュー対話
ISO 9241-15:1997	EN ISO 9241-15	JIS Z 8525:2000	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第15部：コマンド対話
ISO 9241-16:1999	EN ISO 9241-16		視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第16部：直接操作対話
ISO 9241-17:1998	EN ISO 9241-17	JIS Z 8527:2002	視覚表示装置(VDTs)を用いるオフィス作業の人間工学的要求事項－第16部：フォームフィリング対話
ISO 9355-1:1999	EN 894-1		表示器及び制御作動器の設計における人間工学要求事項－第１部：表示器及び制御作動器と人間との相互作用
ISO 9355-2:1999	EN 894-2		表示器及び制御作動器の設計における人間工学必要条件－第２部：表示器
ISO/DIS 9355-3	EN 894-3		機械類の安全性－表示器及び制御作動器の設計における人間工学要求事項－第３部：制御作動器
ISO/DIS 9355-4:	EN 894-4		機械類の安全性－表示器及び制御作動器の設計における人間工学要求事項－第４部：表示及制御アクチュエータの配置
ISO 9886:2004	EN ISO 9886		人間工学－生理的測定による熱ひずみの評価
ISO 9920:1995	EN ISO 9920		温熱環境の人間工学－被着衣の断熱性と透湿抵抗の評価
ISO 9921:2003	EN ISO 9921		人間工学－言語伝達の評価
ISO 10075:1991	EN ISO 10075-1	JIS Z 8502:1994	精神的作業負荷に関する人間工学の原則－一般的用語及び定義
ISO 10075-2:1996	EN ISO 10075-2	JIS Z 8503:1998	精神的作業負荷に関する人間工学の原則－第２部：設計の原則
ISO 10075-3:2004	EN ISO 10075-3		精神的作業負荷に関する人間工学の原則－第３部：精神的作業負荷の測定及び評価のための方法に関する原則及び要求事項
ISO 10551:1995	EN ISO 10551		温熱環境の人間工学－主観尺度による温熱環境評価
ISO 11064-1:2000	EN ISO 11064-1	JIS Z 8503-1:2002	コントロールセンターの人間工学的設計－第１部：コントロールセンターの設計原理
ISO 11064-2:2000	EN ISO 11064-2		コントロールセンターの人間工学的設計－第２部：コントロールスウィートの配置計画
ISO 11064-3:1999	EN ISO 11064-3	JIS Z 8503-3:1999	コントロールセンターの人間工学的設計－第３部：コントロールルームの配置計画
ISO 11064-4:2004	EN ISO 11064-3		コントロールセンターの人間工学的設計－第４部：ワークステーションのレイアウト及び寸法
ISO/TR 11079:1993	ENV ISO 11079		寒冷環境の評価－必要衣服熱抵抗の算出
ISO 11226:2000	EN 1005-4		人間工学－静的作業姿勢の評価
	EN 1005-3		機械類の安全性－人の身体能力－第３部：機械の運転のための力の推奨限度値
ISO 11228-1:2003	EN 1005-2		人間工学－手動取扱い－第１部：巻き上げ及び運搬
	EN 1005-1		機械類の安全性－人の身体能力－第１部：用語及び定義

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
ISO 11399:1995	EN ISO 11399		温熱環境の人間工学－国際規格の思根と適用原理
ISO 11428:1996	EN 842		人間工学－視覚的な危険信号－一般的な必要条件，設計及び検査
ISO 11429:1996	EN 981		人間工学－音及び光を用いた危険及び安全信号のシステム
ISO 12894:2001	EN ISO 12894		温熱環境の人間工学－著しい暑熱・寒冷環境に曝される者への事前健康審査
ISO 13406-1:1999	EN ISO 13406-1	JIS Z 8528-1:2002	フラットパネルディスプレイ(FPD)を用いる作業の人間工学要求事項－第 1 部：通則
ISO 13406-2:2001	EN ISO 13406-2		フラットパネルディスプレイ(FPD)を用いる作業の人間工学要求事項－第 2 部：FPD の人間工学要求事項
ISO 13407:1999	EN ISO 13407	JIS Z 8530:2000	インタラクティブシステムの人間中心設計過程
ISO 13731:2001	EN ISO 13731		温熱環境の人間工学－用語と諸量
ISO/DIS 13732-1	EN 563		機械類の安全性－接触表面の温度－熱い表面の温度限界値を定めるための人間工学的データ
ISO/TS 13732-2			温熱環境の人間工学－表面接触時の人体反応の評価法－第 2 部：中庸温域表面への人体接触
ISO 13732-3:2005			温熱環境の人間工学－表面接触時の人体反応の評価法－第 3 部：低温表面
ISO 14738:2002	EN ISO 14738		機械類の安全性－機械のワークステーションの設計に対する人体測定要求事項
ISO 14915-1:2002	EN ISO 14915-1		マルチメディアユーザーインタフェース用のソフトウェア人間工学－第 1 部：設計原則及び枠組み
ISO 14915-3:2002	EN ISO 14915-3		マルチメディアユーザーインタフェース用のソフトウェア人間工学－第 3 部：メディアの選択及び組合せ
ISO 15534-1:2000	EN 547-1		機械類の安全のための人間工学的設計－第 1 部：身体全体で近づいて作業する場合の開口部寸法決定の原理
ISO 15534-2:2000	EN 547-2		機械類の安全のための人間工学的設計－第 2 部：作業用開口部寸法決定の原理
ISO 15534-3:2000	EN 547-3		機械類の安全のための人間工学的設計－第 3 部：人体測定データ
ISO 15535:2003	EN ISO 15535		人体計測データを作成するための一般要求事項
ISO 15536-1:2005	EN ISO 15536-1		人間工学－コンピュータマネキン及び人体テンプレート
ISO 15537:2004	EN ISO 15537		工業製品及び設計の人体計測学的側面を試験するための試験要員の選定及び使用の原則
機械　特定用途			
ISO 14159			機械類の安全性－機械設計に対する衛生要求事項
ISO 3274:1996		JIS B 0651	製品の幾何特性仕様(GPS)－表面性状：輪郭曲線方式－触針式表面粗さ測定機の特性
ISO 4287:1997		JIS B 0601	製品の幾何特性仕様(GPS)－表面性状：輪郭曲線方式－用語，定義及び表面性状パラメータ
ISO 3601-1:2002		JIS B 2401	流体動力システム－0 形リング－第 1 部：内径，断面，公差及びサイズ識別コード
ISO 3601-3:2005			流体動力システム－密封装置－0 形リング－第 3 部：品質判定基準
ISO 3601-5:2002			流体動力システム－0 リング－第 5 部：産業用弾性材料の適切性
ISO 23550:2004			ガスバーナ及びガス燃焼器具の安全性及び制御装置－一般要求事項
ISO/FDIS21469			機械類の安全性－潤滑油と製品との偶発接触－衛生要求事項
IEC 60079-0:2004			可燃性ガス検知用電気機器- 第 0 部：一般要求事項
IEC 60079-1:2003			可燃性ガス検知用電気機器－第 1 部：耐圧防爆容器
IEC 60079-1-1:2002			可燃性ガス検知用電気機器－第 1-1 部：耐圧防爆容器'd'－最大実験安全隙間の確認のための試験方法
IEC 60079-2:2001			可燃性ガス検知用電気機器－第 2 部：内圧防爆構造"p"
IEC 60079-4:1975			可燃性ガス検知用電気機器－第 4 部：着火温度の試験方法
IEC 60079-5:1997			可燃性ガス検知用電気機器－第 5 部：砂詰め"q"
IEC 60079-6 :1995			可燃性ガス検知用電気機器－第 6 部：油浸'o'
IEC 60335-1:2004	EN 60335-1	JIS C 9335-1	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 1 部：一般要求事項
IEC 60335-2-5:2005	EN 60335-2-5	JIS C 9335-2-5	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-5：食器洗い機の特定要求事項
IEC 60335-2-6:2005	EN 60335-2-6	JIS C 9335-2-6	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-6 部：クッキングレンジ，ホブ，オーブン及び類似機器の特定要求事項
IEC 60335-2-9:2005	IEC 60335-2-9	JIS C 9335-2-9	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-9 部：グリル，トースタ及び類似の可搬調理機器の特定要求事項
IEC 60335-2-12:2005	EN 60335-2-12	JIS C 9335-2-12	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-12 部：ウォーミングプレート及び類似機器の特定要求事項

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
IEC 60335-2-13:2005	EN 60335-2-13	JIS C 9335-2-13	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-13 部：深油揚げ器，フライパン及び類似機器の特定要求事項
IEC 60335-2-14:2005	EN 60335-2-14	JIS C 9335-2-14	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-14 部：調理器具の特定要求事項
IEC 60335-2-15:2003	EN 60335-2-15	JIS C 9335-2-15	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-15 部：液体加熱機器の特定要求事
IEC 60335-2-24:2005	EN 60335-2-24	JIS C 9335-2-24	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-24 部：冷却用機器，アイスクリーム機器及び製氷機の特定要求事項
IEC 60335-2-25:2005	EN 60335-2-25	JIS C 9335-2-25	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-25 部：電子レンジの組合せを含む電子レンジの特定要求事項
IEC 60335-2-31:2005	EN 60335-2-31	JIS C 9335-2-31	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-31 部：レンジフードの特定要求事項
IEC 60335-2-36:2005	EN 60335-2-36	JIS C 9335-2-36	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-36 部：商用電気調理機器，オーブン，ホブ及びホブエレメントの特定要求事項
IEC 60335-2-37:2005	EN 60335-2-37	JIS C 9335-2-37	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-37 部：商用深底油揚げ機の特定要求事項
IEC 60335-2-38:2005	EN 60335-2-38	JIS C 9335-2-38	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-38 部：商用電気グリドル及びグリドルグリルの特定要求事項
IEC 60335-2-39:2005	EN 60335-2-39	JIS C 9335-2-39	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-39 部：商用電気多目的調理鍋の特定要求事項
IEC 60335-2-42:2005	EN 60342-2-37	JIS C 9342-2-37	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-42 部：商用電気強制対流式オーブン，蒸気調理器及び蒸気対流式オーブンの特定要求事項
IEC 60335-2-47:2002	EN 60335-2-47	JIS C 9335-2-47	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-47 部：商用電気沸騰鍋の特定要求事項
IEC 60335-2-48:2005	EN 60335-2-48	JIS C 9335-2-48	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-48 部：商用電気グリル及びトースターの特定要求事項
IEC 60335-2-49:2005	EN 60335-2-49	JIS C 9335-2-49	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-49 部：商用電気ホットカップボードの特定要求事項
IEC 60335-2-50:2002	EN 60335-2-50	JIS C 9335-2-50	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-50 部：商用電気蒸し器の特定要求事項
IEC 60335-2-51:2005	EN 60335-2-51	JIS C 9335-2-51	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-51 部：加熱用固定循環ポンプ及び水道水設備の特定要求事項
IEC 60335-2-52:2005	EN 60335-2-52	JIS C 9335-2-52	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-52 部：経口衛生機器の特定要求事項
IEC 60335-2-58:2005	EN 60335-2-58	JIS C 9335-2-58	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-58 部：商用電気食器洗い機の特定要求事項
IEC 60335-2-64:2002	EN 60335-2-64	JIS C 9335-2-64	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-64 部：商用電気調理機械の特定要求事項
IEC 60335-2-70:2004	EN 60335-2-70		家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-70 部：搾乳機器の特定要求事項
IEC 60335-2-73:2005	EN 60335-2-73	JIS C 9335-2-73	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-73 部：固定式浸水湯沸かし器の特定要求事項
IEC 60335-2-74:2003	EN 60335-2-74	JIS C 9335-2-74	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-74 部：可搬式浸水湯沸かし器の特定要求事
IEC 60335-2-79:2005	EN 60335-2-79		家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-79 部：高圧洗浄機及び蒸気洗浄機の特定要求事項
IEC 60335-2-80:2004	EN 60335-2-80	JIS C 9335-2-80	家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-80 部：ファンの特定要求事項
IEC 60335-2-87:2003	EN 60335-2-87		家庭用及び類似用途の電気機器－安全性－第 2-87 部：電気動物気絶機器の特定要求事項
IEC 60335-2-89:2005	EN 60335-2-89		家庭用及び類似の電気機器 - 安全性－第 2-89 部：内蔵又は外付け冷媒凝縮ユニット又はコンプレッサ付き商用冷凍機の特定要求事項
IEC 60335-2-90:2003	EN 60335-2-90	JIS C 9335-2-90	家庭用及び類似の電気機器 - 安全性－第 2-90 部：商用電子レンジの特定要求事項
		JIS B 9650-1,-2:2003	食料品加工機械の安全及び衛生に関する設計基準通則
		JIS B 9651:2005	製パン機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9652:2005	製菓機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9653:2003	肉類加工機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9654:2005	水産加工機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9655:2004	製粉機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9656:2005	製めん機械の安全及び衛生に関する設計基準
		JIS B 9657:2004	飲料加工機械の安全及び衛生に関する設計基準

ISO/IEC	CEN/CENELEC	JIS	タイトル
		JIS B 9658:2004	精米麦機械の安全及び衛生に関する設計基準
	EN1672-1,-2		食品加工機械　基本概念
	EN746-1		産業用熱加工装置に対する共通安全要件
	EN746-2		燃焼と燃料の取扱いシステムに対する安全要件
	EN88		内圧が 200 ミリバール以下のガス装置用圧力ガバナー
	EN125		ガス燃焼装置の火炎管理装置の仕様
	EN161		ガスバーナ及びガス装置用自動遮断バルブ
表示・図記号・製品情報			
ISO 3864-1:2002		JIS Z 9101:2005	図記号－安全色及び安全標識－第 1 部：職場及び公共区域の安全標識の設計原則
ISO 3864-2:2004			図記号－安全色及び安全標識－第 2 部：製品安全ラベルの設計原則
ISO 17398:2004			安全色及び安全標識－安全標識の分類，パフォーマンス及び耐久性
ISO 7000:2004			機器に用いる図記号－索引及び摘要
IEC 61310-1 :1995		JIS B 9706-1	機械類の安全性－指示，マーキング及び作動－第 1 部：視覚的，音響及び触覚信号
IEC 61310-2:1995		JIS B 9706-2	機械の安全性－指示，マーキング及び作動－第 2 部：マーキング要求事項
IEC 61310-3:1999		JIS B 9706-3	機械の安全性－指示，マーキング及び作動－第 3 部：アクチュエータの位置及び操作の要求事項
ISO/IEC ガイド 37		JIS S 0137	消費者生活製品の取扱説明書

第５章　附属書２.
危険源に対応する保護方策要求事項

備考 1.この資料は、ISO14121 (1999)付属書 A(表 A-1)の項目に対し、ISO12100-2、EU 機械指令及び本書が定める関連項目を一覧にしたものである。

備考 2.本書がまとめるタイプ B 規格は、複数の危険源に採用することが可能であるので、下表の参照項目は目安であり、記載した項目だけに限定するものではない。

備考 3.　NO.9～NO.14 は電気制御に関する項目につき、今回作成リストの対象外とする。

No.	危険源	ISO 12100-2 JISB 9700-2	EU 機械指令 (98/37/EC) 付属書 A	附属書 3 図番号
	危険源、危険状態及び危険事象			
1.	機械的危険源 (1) 機械部品又は加工対象物から発生する 例えば、次の事項から起こるもの a) 形状 b) 相対位置 c) 質量及び安定性(重力の影響を受けて動く構成要素の位置エネルギー) d) 質量及び速度(制御又は無制御運動時の構成要素) e) 不適切な機械強度	4.2.1 4.3 4.6 4.12 5.2.7	1.3	図 1-0
	(2) 例えば次の項目から起こる機械内部の蓄積エネルギー f) 弾力性構成要素 g) 加圧下の液体及び気体 h) 真空効果	4.10 5.5.4	1.5.3 1.6.3	図 1-2
1.1	押しつぶしの危険源	4. 5. 6.		図 1-1
1.2	せん断の危険源			図 1-2
1.3	切傷又は切断の危険源			
1.4	巻き込みの危険源			
1.5	引き込み又は捕捉の危険源			
1.6	衝撃の危険源			
1.7	突き刺し又は突き通しの危険源			
1.8	こすれ又は擦りむきの危険源			
1.9	高圧流体の注入又は噴出の危険源	4.10	1.3.2	
2. 2.1	電気的危険源 充電部に人が接触（直接接触）	4.9 5.5.4	1.5.1 1.6.3	図 2-0
2.2	不具合状態下で充電部に人が接触（間接接触）	4.9	1.5.1	図 2-0
2.3	高電圧下の充電部に接近	5.5.4	1.5.1 1.6.3	図 2-1
2.4	静電気現象	4.12	1.5.2	図 2-2
2.5	熱放射、又は短絡若しくは過負荷などから起こる溶融物の放出や化学的効果など その他の現象	―	1.5.1 1.5.5	―

No.	危険源	ISO 12100-2 JISB 9700-2	EU 機械指令 (98/37/EC) 付属書 A	附属書３ 図番号
3. 3.1	次の結果を招く熱的危険源 極度の高温又は低温の物体若しくは材料に人が接触し得ることによって火災又は爆発、及び熱源からの放射による火傷、熱傷及びその他の傷害	4.8.4	1.5.5 1.5.6 1.5.7	図 3-0
3.2	熱間又は冷間作業環境を原因とする健康障害	4.8.4	1.5.5	
4. 4.1	次の結果を招く騒音から起こる危険源 聴力喪失（聞こえない）、その他の生理的不調（平衡感覚の喪失、意識の喪失など）	4.2.2 4.4(c) 5.4.2	1.5.8 1.7.4(f)	図 4-0
4.2	口頭伝達、音響信号、その他の障害	4.8.8		
5. 5.1	振動から起こる危険源 各種の神経及び血管障害を起こす手持ち機械の使用	4.2.2 5.4.3	1.5.9 1.7.4(e)	図 5-0
5.2	特に劣悪な姿勢と組み合わされたときの全身振動	4.8.4 5.4.3		
6. 6.1	放射から生じる危険源 低周波、無線周波放射、マイクロ波	4.2.2 5.4.5	1.5.10 1.5.11 1.5.12	図 6-0
6.2	赤外線、可視光線及び紫外線放射	4.2.2 4.3 5.4		
6.3	X線及びγ線			
6.4	α線、β線、電子又はイオンビーム、中性子			
6.5	レーザ			
7 7.1	機械類によって処理又は使用される材料及び物質（並びにその構成要素）から起こる危険源 有害な液体、気体、ミスト、煙霧及び粉じん（塵）と接触又はそれらの吸入による危険源	5.4	1.1.3 1.5.13 1.6.5	図 7-0
7.2	火災又は爆発の危険源	4.4	1.5.6 1.5.7	図 7-1
7.3	生物（例えば、かび）又は微生物（ビールス又は細菌）危険源	5.4	1.1.3 1.6.5 2.1	図 7-2
8 8.1	例えば次の項目から起こる危険源のように、機械類の設計時に人間工学原則の無視から起こる危険源 不自然な姿勢又は過剰努力	4.8 4.11.8	1.1.2 d) 1.2.2 1.1.5 1.6.2 1.6.4	図 8-0 (1/4,2/4)
8.2	手－腕　又は　足－脚　についての不適切な解剖学的考察		1.1.2d),2.2	図 8-0 (2/4)
8.3	保護具使用の無視		1.1.2 e)	図 8-0 (4/4)
8.4	不適切な局部照明		1.1.4	図 8-0 (3/4)
8.5	精神的過負荷及び過小負荷、ストレス		1.1.2 d)	図 8-0 (1/4,2/4)
8.6	ヒューマンエラー、人間挙動		1.1.2 d) 1.2.2 1.2.5 1.2.8 1.5.4 1.7	図 8-0 (1/4,2/4)

No.	危険源	ISO 12100-2 JISB 9700-2	EU 機械指令 (98/37/EC) 付属書 A	附属書３ 図番号
8.7	手動制御器の不適切な設計、配置又は同定	4.8.7	1.2.2	図 8-0 (3/4,4/4)
8.8	視覚表示装置の不適切な設計又は配置	4.8.8	1.7.0 1.7.1	図 8-0 (3/4)
9.	危険源の組み合わせ	4. 5. 6.	(注)当該資料対象外	
10.	次の事項から起こる予期しない始動、予期しない超過走行／超過速度（又は何らかの類似不調）	4.11		
10.1	制御システムの故障／混乱	4.11		
10.2	エネルギ供給の中断後の回復	4.11.4		
10.3	電気設備に対する外部影響	4.12		
10.4	その他の外部影響（重力、風など）	4.6		
10.5	ソフトウェアのエラー	4.11.7.3		
10.6	オペレータによるエラー（人間の特性及び能力と機械類の不調和による。この表の 8.6 参照）	4.8		
11.	機械を考えられる最良状態に停止させることが不可能	4.11.3		
12.	工具回転速度の変動	4.11.7.2		
13.	動力源の故障	4.11.5		
14.	制御回路の故障	4.11		
15.	取付けの誤り	4.7	1.5.4	図 9-0
16.	運転中の破壊	4.3 4.11.7.2	1.3.2	図 10-0
17.	落下又は噴出する物体若しくは流体	5.3.2.1	1.3.3	図 11-0
18.	機械の安定性の欠如／転倒	4.6 5.2.6	1.3.1	図 12-0
19. 注	人の滑り、つまずき及び落下（機械に関係するもの）	5.5.6	1.5.15 1.6.2	図 13-0

(注)19.以降の「移動性によって付加される危険源、危険状態及び危険事象」「持ち上げによって付加される危険源、危険状態及び危険事象」「地下作業によって付加される危険源、危険状態及び危険事象」「人のつり上げ又は移動によって付加される危険源、危険状態及び危険事象」は、省略した。

第５章　附属書 3.
危険源に対応する保護方策

この附属書では、JIS B 9702：2000(＝ISO 14121：1999)付属書 A(参考)に記載されている「危険源、危険状態及び危険事象の例」を利用して、リスクアセスメントの結果判明したハザードに対しその保護対策を検討する材料を提供している**（附属書 2 参照）**。
ハザードに対する保護対策の検討手順として以下の内容をハザード毎にまとめている。

(1) 該当するハザードに対し、まず EU 機械指令（98/37/EC）の付属書 A「ESSENTIAL HEALTH AND SAFETY REQUIREMENTS（健康と安全に関する必須要求事項)」と ISO 12100-1、-2：2003（≡JIS B 9700-1、-2：2004）によりそのハザードの内容を提供し、
(2) 更に必要に応じて、EU 機械指令のガイダンス（COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC）により上記内容を補足している。
(3) 次に要求内容に該当する保護方策を、主に ISO/IEC の B 及び C 規格より選びその番号を提供する事により、規格に適応した設計作業の参考とすると共に、
(4) 更に 5 章「機械安全規格の内容」にまとめられている保護方策が要求内容に関係している場合、上記(3)と併せ保護方策検討の参考としている。

尚、JIS B 9702 のリストに記載されているハザード NO.10～14 は、電気制御に関する項目につきこの資料には含んでいない。

但し、・この資料は、規格番号又はその概要のみをまとめたものであるため、設計前に該当する規格を読み、その内容を理解する事が必要である。
又、記載している規格の内容は、附属書 1.「食品機械の安全・衛生設計に関係する主な規格」にまとめている各々の規格の制定（改訂）年月によるものである。そのため具体的な保護方策検討時は、最新版の規格により内容を確認することが必要である。

・記載している規格は、主に ISO/IEC 規格のみにつき、該当する JIS,EN 規格の番号は、**附属書 1.**による。
・すべてのハザードについて、安全設計原則（第 1、2 及び 3 のステップ）毎に保護方策を展開する事が望まれたが、内容上難しいハザードがあり、大半はハザードの説明/保護方策の記述のみとなっているので、設計時ステップを踏んで検討する事が望まれる。
・安全設計原則第 3 ステップ「使用上の情報提供」は、すべてのハザードに必要と考えられるが、この資料では、見落しがちな事項のみ記載している。

尚、この章の記載は、機械安全規格に加えて次の指令及び図書を参考にしている。

(1) 欧州議会・理事会指令　98/37/EC (機械指令)
ANNEX A:ESSENTIAL HEALTH AND SAFETY REQUIREMENTS RELATING TO DESIGN AND CONSTRUCTION OF MACHINERY AND SAFETY COMPONENTS
(2) COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC (英日対訳版)
発行者：(株)SDC、1999 年発行

＜機械部品又は加工対象物が発生する危険及び機械内部の蓄積エネルギーによる危険源…ISO 12100-1:4.2.2＞

(1)　形状（切断要素、鋭利な端部、角張った部品等であって、これらが静止状態である場合を含む。）

＜保護方策…ISO 12100-2:4.2.1＞

鋭利な端部及び角部、突出部を回避すること。人が接近可能な機械部分は、その目的で許される限り、傷害を生じやすい鋭利な端部、鋭角部、粗い表面、突出部及び身体の一部又は着衣が“捕そく（捉）”されるおそれのある開口部があってはならない。特に、金属板の端部はバリを除去するか、これにつばを設けるか又は成形しなければならない。“捕そく（捉）”が生じるおそれがある管の開口端部には、ふたを設けなければならない。

(2)　運動中に押しつぶし、せん断、巻き込みを生じる可能性のある区域との相対的位置

＜保護方策…ISO 12100-2:4.2.1、他＞

- 機械構成部品の形状及び相対位置：例えば、押しつぶし及びせん断の危険源は、対象とする身体の一部がすき間に安全に進入できるように可動部分間の最小すき間を広げるか、又は身体の一部が進入できないようにすき間を狭めることによって回避できる（ISO 13852、ISO 13853、ISO 13854 参照。）
- 図 1-1、図 1-2 及び図 1-3 参照

(3)　転倒に対する安定性（運動エネルギーの考慮）及び
質量及び安定性（重力下で運動を生じる要素の位置エネルギー）

＜保護方策･･･ISO 12100-2:4.6 及び 5.2.6**＞**

ISO 12100-2:4.6 及び 5.2.6 参照…図 13-0 参照

(4)　質量及び速度（制御下又は非制御下で要素に生じる運動エネルギー）及び加速度又は減速度

＜保護方策…ISO 12100-2:5.2.7＞

機械がオペレータによる連続した制御を必要とするとき（例えば、移動機械、クレーン）及びオペレータのエラーが危険状態を引き起こす可能性があるとき、その機械は、運転が指定された制限内にとどまるようにするために必要とされる装置を装備しなければならない。特に次の場合である。

－　安全関連のパラメータ（例えば、距離、速度、負荷の重量、傾斜角度）の実際の値についてオペレータの知識が足りない時。

－　オペレータが意図する運転とは異なる運転によって危険源が生じるおそれがある時。

必要な装置は、例えば、次を含む。

- 運動のパラメータを制限する装置（距離、角度、速度、加速度）
- 過負荷制限装置及びモーメント制限装置
- 構成品及び組立品の過度な応力を防止するための保護用破壊部のようなトルク制限装置
- 圧力、温度を制限する装置
- 制御ステーションにオペレータがいないとき運転を防止する装置
- スタビライザが適切に働かない限り、持上げの運転を防止する装置
- 斜面で機械の傾きを制限する装置
- 走行の前に構成品が安全な位置にあることを確実にする装置

オペレータが制御できなくなった機械類の状態に対し、上記の項目のような装置によって開始される自動的な保護方策（例えば、危険な運動の自動停止）は、オペレータが適切な処置を取れるように、警告信号を前もって出すか又は一緒に出すべきである。

図 1-0 (1/2)　機械的危険（機械構成部品、加工対象物及び蓄積エネルギー）

(5)　危険な破損又は破裂を生じる不十分な機械的強度

＜保護方策…ISO 12100-2:4.3＞

一般的技術知識は、設計のための技術仕様（例えば、規格、設計規格、計算方法）から得ることができる。これらは、次を使用するべきである。

a)　機械的応力

例えば、次による。

－　適正な計算、構造及び締め付け方法による応力制限。例えば、ボルト締め組立、溶接組立。

－　過負荷防止（例えば、“可溶”プラグ、圧力制限バルブ、保護用破壊部、トルク制限装置）による応力制限。

－　応力変動（特に、繰り返し応力）下にある要素の疲労の回避。

－　回転要素の静的及び動的バランス。

b)　材料及びその特性

例えば、次による。

－　腐食、経年変化、摩滅及び摩耗に対する抵抗性

－　かたさ、延性、ぜい（脆）性

－　均質性

－　毒性

－　引火性

特定の構成品又は組立品（例えば、荷や人を持ち上げるためのロープ、チェーン、揚荷用附属品）の信頼性が安全性に対して極めて重要な場合、応力限界は適切な作用係数を掛け合わせたものでなければならない。

(6)　弾性要素（ばねの蓄積エネルギー）又は加圧下若しくは真空下にある、液体若しくは気体の蓄積エネルギー

＜基本的な要求内容：EU 機械指令 1.5.3 より＞

電気以外のエネルギー源

電気以外のエネルギー（流体エネルギー、空気エネルギー、熱エネルギー等）により駆動する機械は、各該当エネルギーに伴うあらゆる危険性を防止するようになっていること。

＜主な関連規格＞

- ISO 14118 Prevention of unexpected start-up
- 図 1-4 参照

(7)　作業環境

＜要求内容…ISO 12100-1:4.12＞

危険源（例えば、温度、風、雪、落雷）を生じる可能性のある環境条件下で運転するために設計された機械では、これらの危険源を配慮しなければならない。

(注)　「機械類の安全性」の規格に於いて一般的に許容される作業環境は、IEC 60204-1:4 項に規定されている「電気装置」の設置環境（物理的環境）が設計上の指針となる。

図 1-0 (2/2)　機械的危険（機械構成部品、加工対象物及び蓄積エネルギー）

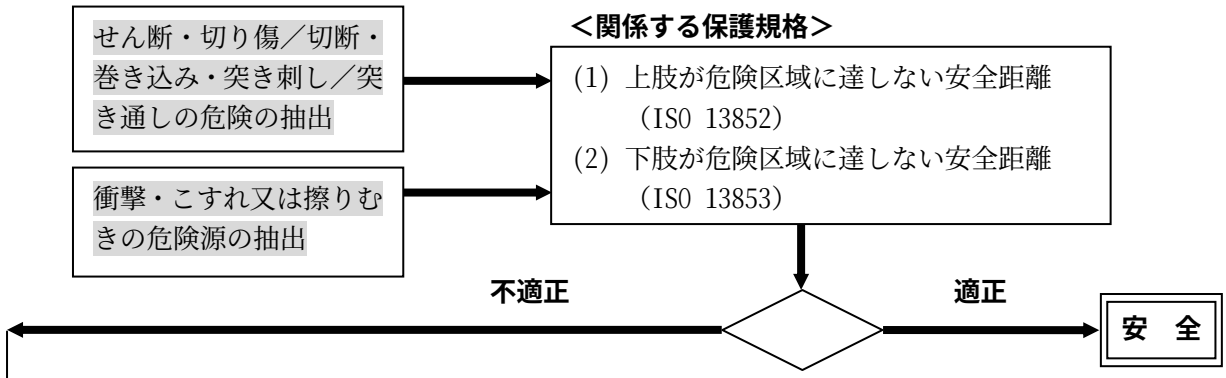
＜関係する保護規格＞

押しつぶし（圧砕）の危険抽出 → 人体の一部が押しつぶされるのを防ぐ安全距離（ISO 13854）

不適正 ／ 適正 → 安　全

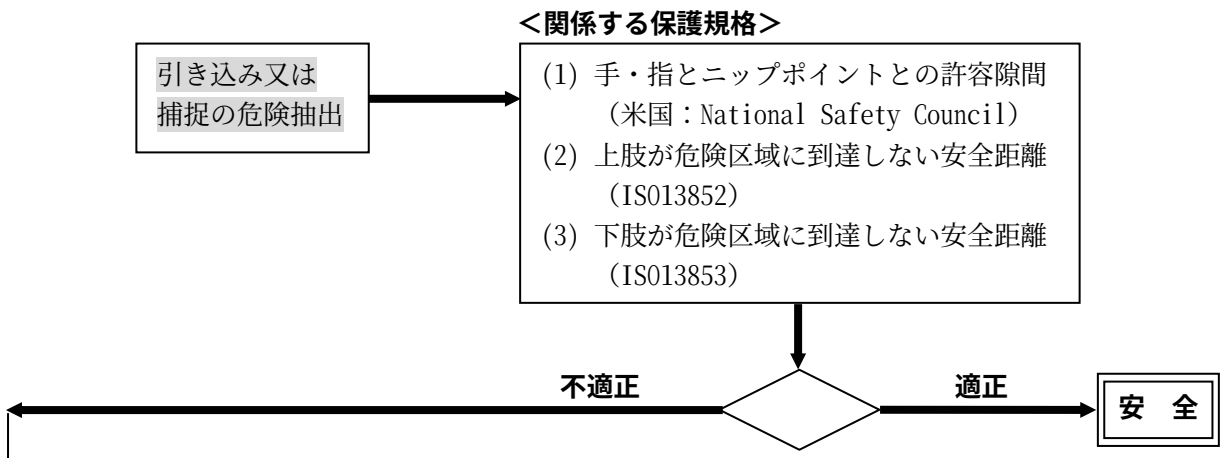
	＜参考条項＞	＜参考規格＞
―**第一原則**：上記の関係する保護規格にて許容値を満足するよう再設計		
―**第二原則**：（主な保護対策のみ記載）		
(1) 両手操作制御装置（TWO HAND OPERATION）		ISO 13851
(2) 圧力検知保護装置（圧力検知マット、エッジ、バー等）		ISO 13856-1,-2,-3
(3) 電気的検知保護装置（光線式保護装置等）		IEC 61496-1,-2,-3
(4) （保守・点検用）固定式ガード		ISO 14120
(5) （運転・調整用）インターロック付ガード		ISO 14119
＜インターロック装置の設計＞		
• インターロック付きガード開後、人体の危険源への到達による危険		ISO 13855
• インターロック用安全検知器の設計と選択		ISO 14119：表１
• 制御装置の安全関連部品の選択と設計		ISO 13849-1 IEC 60204-1:10.1.4
• インターロック解除後の運転条件制限		ISO 12100-2:4.11.9 :5.2.4 IEC 60204-1:9.2.4
(6) その他の保護対策（関連事項）		
• ロックアウト／タグアウト		ISO 12100-2:5.2.4
• ゼロ・メカニカルステート		ISO 12100-2:5.5.4 IEC 60204-1:9.2.5.1
・手動制御器の取付け ・運転、停止、非常停止(制御機能)		ISO 14118:4.1,5 図 8-0(3/4,4/4) ISO 12100-2:5.5.2 IEC 60204-1:9.0
―**第三原則**：残留リスクに対する情報提供		
• 警告ラベル → 日食工取扱説明書作成ガイドライン		
• 取扱説明書 → 日食工取扱説明書作成ガイドライン		
• 警報　等		

図 1-1　押しつぶし（圧砕）の危険



	＜参考条項＞	＜参考規格＞
―**第一原則**：上記の関係する保護規格にて許容値を満足するよう再設計		
―**第二原則**：（主な保護対策のみ記載）		
(1) 両手操作制御装置（TWO HAND OPERATION）		ISO 13851
(2) 圧力検知保護装置（圧力検知マット、エッジ、バー等）		ISO 13856-1,-2,-3
(3) 電気的検知保護装置（光線式保護装置等）		IEC 61496-1,-2,-3
(4) （保守・点検用）固定式ガード		ISO 14120
(5) （運転・調整用）インターロック付ガード		ISO 14119
＜インターロック装置の設計＞		
• インターロック付きガード開後、人体の危険源への到達による危険		ISO 13855
• インターロック用安全検知器の設計と選択		ISO 14119：表１
• 制御装置の安全関連部品の選択と設計		ISO 13849-1 IEC 60204-1:10.1.4
• インターロック解除後の運転条件制限		ISO 12100-2:4.11.9 :5.2.4 IEC 60204-1:9.2.4
(6) その他の保護対策（関連事項）		
• ロックアウト／タグアウト		ISO 12100-2:5.2.4
• ゼロ・メカニカルステート		ISO 12100-2:5.5.4 IEC 60204-1:9.2.5.1
・手動制御器の取り付		ISO 14118:4.1,5 図 8-0(3/4,4/4)
・運転、停止、非常停止(制御機能)		ISO 12100-2:5.5.2 IEC 60204-1:9.0
―**第三原則**：残留リスクに対する情報提供		
• 警告ラベル ⟶ 日食工取扱説明書作成ガイドライン		
• 取扱説明書 ⟶ 日食工取扱説明書作成ガイドライン		
• 警報　等		

図 1-2　衝撃・こすれ又は擦りむきの危険及びせん断・切り傷／切断・巻き込み・突き刺し／突き通しの危険



	＜参考条項＞	＜参考規格＞
―**第一原則**：上記の関係する保護規格にて許容値を満足するよう再設計		
―**第二原則**：（主な保護対策のみ記載）		
(1) 両手操作制御装置（TWO HAND OPERATION）		ISO 13851
(2) 圧力検知保護装置（圧力検知マット、エッジ、バー等）		ISO 13856-1,-2,-3
(3) 電気的検知保護装置（光線式保護装置等）		IEC 61496-1,-2,-3
(4) （保守・点検用）固定式ガード		ISO 14120
(5) （運転・調整用）インターロック付ガード		ISO 14119
＜インターロック装置の設計＞		
• インターロック付きガード開後、人体の危険源への到達による危険		ISO 13855
• インターロック用安全検知器の設計と選択		ISO 14119：表１
• 制御装置の安全関連部品の選択と設計		ISO 13849-1 IEC 60204-1:10.1.4
• インターロック解除後の運転条件制限		ISO 12100-2:4.11.9 :5.2.4 IEC 60204-1:9.2.4
(6) その他の保護対策（関連事項）		
• ロックアウト／タグアウト		ISO 12100-2:5.2.4
• ゼロ・メカニカルステート		ISO 12100-2:5.5.4 IEC 60204-1:9.2.5.1
・手動制御器の取付け		ISO 14118:4.1,5 図 8-0(3/4,4/4)
・運転、停止、非常停止(制御機能)		ISO 12100-2:5.5.2 IEC 60204-1:9.0

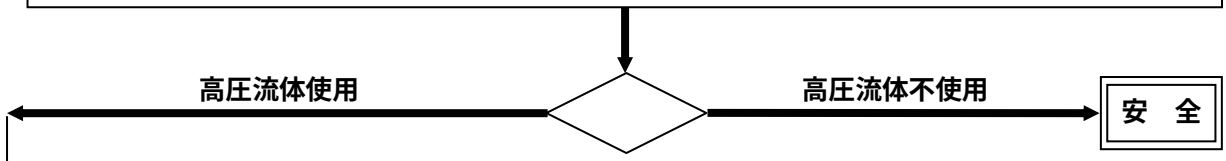
―**第三原則**：残留リスクに対する情報提供

- 警告ラベル ⟶ 日食工取扱説明書作成ガイドライン
- 取扱説明書 ⟶ 日食工取扱説明書作成ガイドライン
- 警報　等

図 1-3　引き込み又は捕捉の危険

＜基本的な要求内容：EU 機械指令 1.3.2＞

液体を運搬する硬質パイプ及びフレキシブルパイプ、特に高圧のもとにあるものは、予見できる内部応力並びに外部応力に耐えるものであり、あらゆる外部応力及び荷重に耐えるようにしっかり取り付けられており及び/又は保護されていること。破損が生じた場合の危険（突然の移動、高圧ジェット等）が発生することのないように予防措置を講じること。



―**第一、二原則**：高圧流体使用時の保護方策（安全設計）

＜ISO 12100-2:4.10＞

機械類の空圧及び液圧設備は、次のように設計しなければならない。

- 回路における最大定格圧力を超えない（例えば、圧力制限装置の使用による。）。
- サージ圧若しくは圧力増加、圧力喪失若しくは低下又は真空度の喪失による危険源を生じない。
- 漏れ又は構成品の故障によって危険な液体の噴出又はホースの（むちのような）突然の危険な動きを生じない。
- 空気レシーバ、空気貯蔵器又は同様の容器（ガスが封入されたアキュムレータのような）は、これらの要素に対する設計規則に適合している。
- 設備のすべての要素並びに特にパイプ及びホースは、有害な外的影響から保護する。
- 貯蔵器及び同様の容器（例えば、ガスが封入されたアキュムレータ）は、機械の動力供給を遮断した場合、可能な限り自動的に減圧する（ISO 12100-2 参照）。それが不可能な場合は、遮断、局所減圧及び圧力表示の手段を備える（ISO 14118:2000 の 5.参照）。
- 機械の動力供給を遮断した後でも圧力を維持しているすべての要素には、明確に識別できる排出装置を設け、機械の設定（段取り等）又は保全作業に着手する以前にこれらの要素に対する減圧の必要性について注意を促すための警告ラベルを備える。

＜詳細規格＞

- EN 982:1996 (ISO 4413)
  機械類の安全性―流体動力システム及び構成部品に関する安全要求事項―油圧
- EN 983:1996 (ISO 4414)
  機械類の安全性―流体動力システム及び構成部品の安全要求事項―空圧

＜参考規格：米国規格＞

- ANSI/ASME A13.1
  Scheme for the identification of piping system
- ANSI/ASME B31.3
  Process piping

―**第三原則**：取扱説明書への記載内容

（例）(1)　最大設計流体圧力及び常用圧力
(2)　保守・点検時、機械内の残圧をゼロとして、供給バルブをロックすること。
(3) 使用圧力を始業点検時確認すること。
(4) その他上記 ISO 12100-2:4.10 要求内容を、保守・点検項目に加えること。

図 1-4　高圧流体の注入又は噴出の危険源

＜電気的危険　ISO 12100-2：4.3＞

- 電気的危険源は、感電又はやけどによって、傷害又は死亡事故を引き起こす場合がある。これらは、次によって引き起こされる。(ISO 12100-1:4.3)
  - 次に示す人の接触
    - **充電部、すなわち、正常な運転時に加電圧される導体又は導電性部分（直接接触）**
    - **不具合状態のとき、特に絶縁不良の結果として、充電状態になる部分（間接接触）**
  - 充電部への、特に高電圧領域への人の接近
  - 合理的に予見可能な使用条件下の不適切な絶縁
  - 帯電部への人の接触等による静電気現象
  - 熱放射
  - 短絡若しくは過負荷に起因する化学的影響のような又は溶融物の放出のような現象
    感電によって驚いた結果、人の墜落（又は感電した人からの落下物）を引き起こす可能性がある。
- 機械の電気設備の設計について、IEC 60204-1 は、一般的規定を与えている。特に 6.は感電に関する保護について規定している。(ISO 12100-2:4.9)

＜保護方策（安全設計）＞

＜直接接触対応＞(IEC 60204-1)

- 6.2.1 ‥‥‥‥‥一般事項
- 6.2.2 ‥‥‥‥‥エンクロージャによる保護
- 6.2.3 ‥‥‥‥‥絶縁物による充電部の保護
- 6.2.4 ‥‥‥‥‥残留電圧に対する保護
- 6.2.5 ‥‥‥‥‥バリアによる保護
- 6.2.6 ‥‥‥‥‥人体が届かないところへの配置による保護又はオブスタクルによる

＜間接接触＞（IEC 60204-1）

- 6.3.1 ‥‥‥‥‥一般事項
- 6.3.2 ‥‥‥‥‥危険な接触電圧の発生を防止する手段
- 6.3.3 ‥‥‥‥‥電源の自動断路による保護
- 6.4 ‥‥‥‥‥‥PELV の使用による保護

  (注) PELV とは保護特別低電圧

  (1)　通常乾燥した場所及び人体と広面積の接触がない場合‥‥AC25V, DC60V

  (2)　その他‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥AC6V, DC15V

（注）　上記推奨感電保護手段は、IEC60364-4-41（JIS C 0364-4-41）がベースであるが、これ等の推奨手段が実際的でない場合は、IEC60364-4-41（JIS C 0364-4-41）から離れて他の手段を採用してもよい。

－ IEC 60364-4-41（JIS C 0364-4-41）：建築電気設備第 4 部：安全保護第 41 章：感電保護

＜追加保護対策＞

ISO 12100-2:5.5.4 遮断及びエネルギーの消散

(a) 機械（又は機械の決められた部分）をすべての動力供給から遮断すること。

(b) すべての遮断装置を“遮断”の位置に施錠すること。（又は他の方法で確実に締めること）

図 2-0　直接接触及び間接接触による電気的危険

＜高電圧下の充電部に接近する危険　ISO 12100-1:4.3＞

電気的危険源は、感電又はやけどによって、傷害又は死亡事故を引き起こすことがある。
これらは、次によって引き起こされる。
－　直接接触（充電部、即ち正常運転時に加電圧される導体又は導電性部分）
－　充電部への、特に高電圧領域への人の接近
－　（以下省略）

↓

＜保護方策＞

(1) 電気装置まわりの作業空間の確保
（注；公称電圧 600V までと、それ以上で異なるので要注意）
IEC 60364-4-481:Electrical Installations of buildings Part 4:Protection of Safety, Section 481
（注）米国連邦法 OSHA§1910.303 及び米国 National Electrical Code (N.E.C)にも詳細規定あり。

(2) 充電部（ライブパート）の防護
上記 OSHA§1910.303(2)には以下記載されている。
a) 本サブパートの他の条項で別途に規定し、又は許可している場合を除き、50 ボルトかそれ以上で働く電気装置の生きた部分は誤って接触しないように、認可されたキャビネットか、認可されたその他の形状の外被体か、又は以下の手段によってガードしなければならない。
① 室内の特定の場所、あるいは類似の資格ある者のみが立ち入りできる囲い。
② 資格ある者だけが、生きた部分に手の届く空間に入れるよう配列された、適切な永久的に堅牢な仕切り、又はスクリーン。この間仕切り又はスクリーンの開口は、人が誤って生きた部分に触れる恐れのない、あるいは導電体が人に接触する恐れのない大きさのものでなければならない。
③ 適切な高さの許可のない者が立ち入れないよう配置された、バルコニー、ギャラリー、又はプラットフォーム上の場所。
④ 床又はその他の作業面上８フィート以上の高所。
b) 電気装置に、物理的な損傷が加わるおそれのある場合は、その損傷を防ぐのに十分な強度をもった外被、又はガードを配置しなければならない。
c) 裸の生きた部分が納まっている部屋、又はガードされた場所の入口には、許可のない者の立ち入りを禁じた明確に読みとれる警告標識をつけなければならない。

(3) ISO 12100-2:5.5.4 遮断及びエネルギーの消散に関する方策
特に保全及び修理に関して、機械は次の措置によって、動力供給の遮断及び蓄積されたエネルギーを消散させる技術的手段を装備しなければならない。
a) 機械（又は機械の決められた部分）をすべての動力供給から遮断（切断、分離）すること。
b) すべての遮断装置を“遮断”の位置に施錠すること（又は他の方法で確実に締めること）。
c) 危険源を生じるおそれのあるすべての蓄積エネルギーを消散すること又はこれが不可能若しくは実際的でない場合、抑制すること（封じ込めること）。
d) 安全作業手順によって、上記 a)、b)及び c)の措置が期待どおりの効果をもたらしたか検証すること（ISO 14118:2000 の 5.及び IEC 60204－1：の 5.5 及び 5.6 参照）。

(4) IEC 60204-1:6.2 項規定事項（図 1－1,2 参照）

図 2-1　高電圧下の充電部への接近による危険

＜要求内容…EU 機械指令 1.5.2＞

機械は、危険に結びつく恐れのある静電荷の蓄積が生じないようになっているか又は静電荷の蓄積量を一定以下に押さえるようになっているとともに、必要に応じて、放電システムを取り付けていること。

↕

＜参考＞COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より

1．静電気の発生源

静電気は、電気を通す電離物質の動きによって生じた電気の蓄積によって生じる。これは特に気体または液体の流れ、固体の変位（これは粉塵や小さな粒子であり得る）、連続したストリップの前進、部品間の摩擦などから生じる。静電放電は、火災や爆発を引き起こす可能性がある。また、その人を驚かせる効果のために、人を転倒させるなどして事故を引き起こすこともあり得る。

例えば、静電気による危険は、布と染色機の壁との間の摩擦、スプレー塗料のガスの分解、液体燃料の取扱い（石油）、又は床、砂糖、軽金属（アルミニウム）からの粉塵などから生じ得る。機械のベルト、コートされたまたはワックスを塗った布、ゴムの小片、サンドペーパ又は印刷機上の紙片なども、静電放電を発生させる。

2．防止策

基本的な防止策は、静電荷が蓄積しないように、静電荷の流れを促進することである。複数の方法が使用されている。大気を導電性にする。液体を絶縁する導体を作る。適切な導体を使用して静電荷が確実にアースに流れるようにする。

大気は、給湿または電離化によって導電性にできる。しかしながら、大気の給湿は、結露によって視界が妨げられる、オペレータが不快になるなどの、他の問題を引き起こす。電離化は、オペレータにリスクがない場合は、放射性物質または炎によって提供することができる。

液体を通常は絶縁されている導体にする方法は、液体処理工程で使用される。

機械からの静電荷の流れは、一般に直接接地または適切な電気抵抗への接続によって達成される。重要なのは接地された回路の導通性が確実なことである。

例えば、電荷の流れが熱を生じさせないようにするために、抵抗率の高い半導体のゴムを使用することができる。

スプレー塗装器具には特別な注意を払わなければならない。スプレー塗装ブース、ケージ、排気チャンバまたはシステムの金属部分および塗装されるあらゆる金属物質を接地しなければならない。

粒子の細かい粉体を運ぶ場合は、静電荷の蓄積を監視するための検出器を設置することが必要になる。ホッパおよび掘削機のベルトは適切に接地し、ベルトの導通性を確実にしなければならない。

＜参考＞ISO 12100-2:4.12 より

“信頼性のある構成品”は、使用上で定められた運転の期間又は回数の間、機械の危険な機能不良を引き起こす故障の確率が低く、意図する使用の条件下（環境条件を含む）での設備の使用法に関連するすべての妨害及びストレスに耐えることができる構成品を意味する。

(注) 上記環境条件に静電気が含まれ、例えば絶縁不良、制御システムの構成品の機能の一時的又は恒久的故障がある。

図 2-2　静電気現象による危険

＜熱的危険源　ISO 12100-1:4.4＞

熱的危険源は、次のような結果を引き起こす場合がある。
－　極端な温度の物体又は材料との接触による、火災又は爆発及び熱源からの放射熱によるやけど及び熱傷
－　高温作業環境又は低温作業環境で生じる健康障害

↓

EN 563:1994
機械類の安全性―接触可能な表面の温度―高温表面の温度限界値を決定する人間工学データ
ISO 7243:1989, JIS Z 8504:1999
人間工学―WBGT（温球黒球温度）指数に基づく作業者のストレスの評価―暑熱環境
（注）
- 低い温度表面の温度限界値は EN 規格化準備中
- ISO 化準備中

↓

規定値オーバ ← ◇ → **規定値内表面温度** → **安　全**

―**第一原則**：規定表面温度内に収まる設計見直し
―**第二原則**
(1) 表面温度の高い（低い）物体又は材料と接触しないようガード等を設ける（アクセスを不可能とする）。

―**第三原則**：情報提供
(1) 取扱説明書：
- 個人保護具の着用指示。
- 接触可能温度（運転停止よりの時間記載）に表面がなった後アクセスすることの注記。
- 高温／低温作業環境と健康管理の注記。

(2) 警告ラベル：
- 高温／低温部にラベルの貼付け。

図 3-0　極端な温度(高温/低温)による危険(作業環境による健康障害も含む)
(火災・爆発は図 7-1 による)

＜騒音による危険　ISO 12100-1：4.5＞

騒音は、次のような結果を引き起こす場合がある。
- 永久的な聴力の喪失
- 耳鳴り
- 疲労、ストレス
- 平衡感覚の喪失又は意識喪失のようなその他の影響
- 口頭伝達又は音響信号知覚への妨害

＜許容される放出騒音規定＞

(1) 各国の労働安全衛生規則
（例）
- 米国 ····· OSHA§1910.45
- マレーシア ····· OH&SACT(1994)
- オーストラリア · NOHSC-1010(1994)
- 他

(2) その他業界、納入先工場基準等

＜機械よりの放出騒音の測定＞

- ISO 3741、3743－1,－2、3744、3745、3746、3747
  音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定
- ISO 1999:1990
  音響－職業上の騒音暴露の測定及び騒音誘発聴覚障害の推定
- ISO 3740:2000
  音響－騒音源の音響出力レベルの測定－基本規格の使用法指針
- ISO 3747:2000
  音響－音圧を使用した騒音源の音響出力レベルの測定－現場での比較法
- ISO 9612:1997
  音響－作業環境における騒音暴露の測定及び評価の指針

(注)その他の規格：ISO 4871,ISO 11200,ISO 11201,ISO 11202,
ISO 11203,ISO 11204,ISO 11205,ISO 12001

許容値内 → **安　全**

許容値オーバ

―**第一原則**：•騒音を音源で低減する（ISO 12100-2:4.2.2)、適切な技術の選択（ISO 12100-2:4.4（ｃ））
（例）高い騒音レベルを回避するための代替設備（空圧設備の代りの電気設備）
•ISO/TR 11688-1:1995
音響学－低騒音機械及び機器の設計推奨手順－第１部：計画
•ISO/TR 11688-2:1998
音響学－低騒音機械及び機器の設計の推奨手順－第２部：低騒音設計の物理学の概要

―**第二原則**：•保護方策の採用
（例）ISO 12100-2:5.4.2
追加の保護方策は、例えば、次を含む。
・囲い（ISO15667 参照）
・機械に装着したスクリーン
・消音装置（ISO14163 参照）
- ISO 14163:1998
  音響学－消音器による防音の指針
- ISO 15664:2001
  音響学－開放形プラントの防音設計手順
- ISO 15667:2000
  音響学－エンクロージャ及びキャビンによる防音の指針
- ISO 11690-1,2:1996
  音響学－防音機械室の設計のための推奨作業

―**第三原則**：取扱説明書への記載（EU 機械指令 1.7.4（ｆ））

(f) 取扱説明書には、実測値又は同じモデルの機械について実施した測定値をもとに作成した値のいずれかにより、機械が発生する大気を介した騒音に関する以下の情報を盛り込むこと：
- ワークステーションにおける A 特性等価連続音圧レベルが 70dB (A)を超える場合は、その音圧レベルを当該音圧レベルが 70dB (A)未満の場合には、その旨記載すること。
- ワークステーションにおける C 特性瞬時音圧尖頭値が 63Pa（20 mPa を 130 dB とする。)を超える場合、その音圧尖頭値
- 機械から発生する騒音がワークステーションにおける A 特性等価連続音圧レベルが 85dB (A)を超える場合、機械から放射される音響パワーレベル

製造者は、測定中の機械の操作条件及び測定方法を記載すること。
ワークステーションの指定がなり場合又は指定をすることができない場合には、機械の表面から１m 離れた点で床又はアクセスプラットホームから 1.60m の高さのところで音圧レベルを測定する。位置及び音圧の最大値を記載すること。（注）要求内容を一部省略。

図 4－0　騒音による危険

＜振動による危険　ISO 12100-1:4.6＞

振動は全身及び特に手、腕（手持ち機械及び手案内機械を使用する場合）に多く、最も強烈な振動（又は長期間にわたるやや弱い振動）は以下の結果を引き起こす場合がある。
－　重大な不調（背骨の外傷及び腰痛）
－　全身の振動による強い不快感
－　手及び／又は腕の振動による白ろう障害のような血管障害、神経学的障害、骨・関節障害

＜許容される振動＞

(1) 各国の労働安全衛生規則
(2) その他業界、納入先工場基準等

＜機械よりの振動の測定＞

- ISO 2631-1:1997
  人体の全身振動暴露の評価―第１部：一般的要求事項
- ISO 2631-2:2003
  機械振動及び衝撃―人体の全身振動暴露の評価
  ―第２部：建物内の振動（１Ｈｚ～80Hz）
- ISO 5349-1:2001
  機械振動―手腕系振動への人体暴露の測定及び評価
  ―第１部：一般要求事項
- ISO 5349-2:2001
  機械振動―手腕系振動への人体暴露の測定及び評価
  ―第２部：作業現場における測定の実施の指針
- ISO 8662-1:1988, EN 28662-1:1992
  手で保持する可搬式動力工具―ハンドルでの振動測定
  ―第１部：総則

許容値内 → **安　全**

許容値オーバ

―**第一原則**：•機械の振動源を低減する（ISO 12100-2:4.2.2）
（例）・質量の追加又は再分配
・工程パラメータ、例えば、運動の振動数及び／又は振幅を含む
• CR1030-1:1995
振動による手・腕の障害削減のためのガイドライン―第１部：機械設計による工学的方法
• EN 1299
機械の振動遮断―振動源遮断の適用に対する情報
• ISO 5805:1997, JIS Z 8131:2000（修正）
機械振動及び衝撃―人体暴露―用語

―**第二原則**：追加保護方策
（例）ISO 12100-2:5.4.3・・・例えば、弾性のある取り付け又は弾力性のあるシートのように振動源と暴露される人の間の振動を遮断する減衰装置を含む。据付形工業機械類の振動遮断の方策は EN1299 を参考。

―**第三原則**：取扱説明書への記載（EU 機械指令）
1.7.4 (e)：　必要に応じて、取扱指示書には、騒音又は振動を少なくするための設置及び組み立てに関する必要事項（例えばダンパーの使用、基礎ブロックの種類及び重量等）
2.2：　持ち運び出来る手持型機械及び／又は手持操作機械
取扱指示書には、手持型機械及び手持操作機械から伝わる振動に関する以下の情報を盛り込むこと。
―　適切な試験方法を用いて測定したとき、腕が受ける加重実効加速値の値が 2.5m/s^2 を超える場合は、その加速値を、加速値が 2.5m/s^{2}未満の場合には、その旨を記載すること。
適切な試験法がない場合には、製造者は、測定に使用した測定法及び測定条件を明示すること。

図５－０　振動による危険

＜放射による危険　ISO 12100-1:4.7＞

この危険源は、やけどのように直ちに影響が現れる場合や遺伝上の突然変異のように長期間を経て影響が現れる場合があり、様々な発生源から生じる。また、非電離又は電離の放射によって生じる場合がある。

－　電磁フィールド（例えば、低周波、ラジオ周波数、マイクロ波域における）
－　赤外線、可視光線、紫外線
－　レーザ放射
－　X線及びγ線
－　α線、β線、電子ビーム又はイオンビーム、中性子

↓

EN 12198-1:2000
機械類の安全性―機械から放出される放射物がもたらすリスクの評価及び低減―第１部・一般原則

↓

許容出来ない　◇　**許容**　→　**安　全**

―**第一原則**：許容出来る代替え手段の検討
―**第二原則**：許容出来る方策の検討

＜放射を低減する例；ISO 12100-2:4.2.2＞

－　危険物質の放射を低減する方策。例えば、危険物質が少ないものを使用すること又は粉じんを低減する工程を使用することを含む。
－　放射を低減する方策。例えば、危険な放射源の使用を避けること、放射出力を機械が適切な機能を満たす最低レベルに制限すること、放射が目標に対して集中するように放射源を設計すること、放射源とオペレータ間の距離を増加すること又は機械類の遠隔操作を備えることを含む。
－　非電離放射を低減する方策は、ISO 12100-2,5.4.5 に示されている(EN 12198-1 及び EN 12198-3 参考)。
（注）ISO12100-2:5.4.5…　追加の保護方策は、例えば、次を含む。
－ フィルタ及び吸収装置の使用
－ 減衰用スクリーン又はガードの使用

＜特定危険源に関する対応＞

(1) 電磁両立性（EMC）
- IEC 60204-1:4.4.2　電磁両立性（EMC）
- IEC 61000-1-1 Ed.1.0:1992(b)
  電磁両立性（EMC）―第１部：一般―第１部：基本定義及び用語の適用及び解釈
- IEC/TS 61000-1-2 Ed.1.0:2001(b)
  電磁両立性（EMC）―第 1-2 部：一般―電気及び電子機器の電磁現象に対する機能的安全性実現のための方法論

(2) レーザ機器

要求内容概要（EU 機械指令 1.5.12）
レーザ装置を使用する場合には，下記の条項を考慮すること。
－　機械に使用するレーザ装置は，偶発的なレーザ放射が一切生じないようになっていること。
－　機械に使用するレーザ装置は，有効放射，反射又は拡散により発生した放射及び二次放射により，健康が損なわれることのないように保護してあること。
－　機械に使用するレーザ装置の観測又は調整を行う光学装置は，レーザ光線により健康が損なわれることのないようになっていること。

↕

- ISO/DIS 11553:1993，EN 11553
  光学及び光学式測定器―レーザ及びレーザ関連機器―材料加工にレーザ放射を使用する機械の安全性―レーザ放射による危険に対する要求
- IEC 60825-1:1993，JIS C 6802:1997
  レーザ製品の安全基準

図 6－0　放射による危険

＜材料及び物質による危険　ISO 12100-1:4.8＞

機械で処理、使用、生産又は排出される材料及び物質、並びに機械を製作するために使用される材料により種々の異なる危険源を生じ得る。

(1) 例えば有害性、毒性、腐食性、胚子奇形発生性、発癌性、変異誘発性、刺激性を有する流体、気体、ミスト、煙、繊維及び粉塵を吸飲すること、皮膚、目、及び粘膜へ接触すること、又はそれらを吸入することに起因する危険源

(2) 火災及び爆発の危険源

(3) 生物（例えば、かび）及び微生物（ウイルス又は細菌）による危険源

↓

＜基本的な保護方策：EU 機械指令より＞

1.5.13 塵埃、ガス等の放出
機械は、機械が作りだすガス、液体、粉塵、蒸気およびその他の排出物によるリスクを回避できるように設計、製造及び／又は装備されなければならない。
危険が存在する場合には、機械はそれらの物質を封じ込めるか、かつ／又は排出できるように装備されなければならない。
機械が通常運転中に囲われていない場合は、それらの物質の封じ込め及び／又は排出用の装置を、放出源にできるだけ近い位置に設置しなければならない。

1.6.5 内部部品の清掃
機械は、危険物質や薬剤を含んだ内部部品を内部に入らないで清掃できるようにするものとし、外部から開放できるよう設計、製造するものとする。機械内部へ入らなければならない場合、製造者は製造中に処置を講じて、最小限の危険性で清掃が行えるようにする。

↑

（注）＜COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より＞

(1) この要求はオペレータの保護のための有害物質の回収を定めたものである。

(2) 環境保護対策は考慮されておらず、上記(1)の職場での汚染回収に関する要求事項（労働安全衛生上）のみが対象である。

(3) 取扱説明書には、排出システムに要求される主な特性（流量を含む）を特定すること。

↓

＜関連規格：機械類より放出される有害物質による健康へのリスク低減＞

- ISO 14123-1:1998, EN 626-1:1994
  機械類の安全性－機械類から放出される有害物質による健康へのリスクの低減
  －第１部：機械類製造者のための原則及び仕様
- ISO 14123-2:1998, EN 626-2:1996
  機械類の安全性－機械類から放出される有害物質による健康へのリスクの低減
  －第２部：検証手順に関する方法論
- JIS B 9650-1
  食料品加工機械の安全及び衛生に関する設計基準　通則
  －第２部：安全設計基準

＜関連規格:空気中に於ける有害物質放射の評価＞

- EN 1093-1 (1998):
  第１部：試験方法の選択
- EN 1093-3 (1996) (ISO/DIS14123-3)
  第３部：特定空気中有害物質の放射率－ベンチテスト法
- EN 1093-4:
  第４部：排気システムの捕捉効率－トレーサ法
- EN 1093-6 (1998):
  第６部：質量による分離効率の測定－ダクトのついていない排気口
- EN 1093-7 (1998):
  第７部：質量による分離効率の測定－ダクトのついている排気口
- EN 1093-8 (1998):
  第８部：汚染物濃度パラメーター－ベンチテスト法
- EN 1093-9 (1998):
  第９部：汚染濃度パラメーター－屋内方法

図 7-0　有害な液体、気体、ミスト、噴霧、粉塵等との接触・吸収の危険

＜材料及び物質による危険　ISO 12100-1:4.8＞

機械で処理、使用、生産又は排出される材料及び物質、並びに機械を製作するために使用される材料により種々の異なる危険源を生じ得る。

(1) 例えば有害性、毒性、腐食性、胚子奇形発生性、発癌性、変異誘発性、刺激性を有する流体、気体、ミスト、煙、繊維及び粉塵を吸飲すること、皮膚、目、及び粘膜へ接触すること、又はそれらを吸入することに起因する危険源

(2) 火災及び爆発の危険源

(3) 生物（例えば、かび）及び微生物（ウイルス又は細菌）による危険源

↓

＜火災に関する基本的な保護方策：EU 機械指令 1.5.6 より＞

機械は、機械自体又はガス、液体、塵埃、蒸気又は機械で生成若しくは使用するその他の物質により、火災の発生又は温度過熱が生じることのないようになっていること。

↓

＜火災発生源の調節（COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より）＞

火災の危険は、良い慣習および電気安全に関する効力のある規則を遵守することによって、一般的に防ぐことができる。

機械が燃焼性の限度外の雰囲気を保つことができるメカニズムを備えた機械もある。内部温度は、特に新鮮な空気を導入することによって管理できる。物質の放出に関係した火災の危険が生じないようにする技術を使用している機械もある。

防止策の例として、土木機械に関する規格 EN174-1 は、運転席の床および内部付属品の耐火値を提案している。機械によっては、室内に消火器があるか、さらには内臓の消火システムを持たなければならない。

図 7-1（1/2）　火災・爆発による危険

＜基本的な保護方策：EU 機械指令 1.5.7 より＞

機械は、機械自体又はガス、液体、塵、蒸気又は機械で生成若しくは使用するその他の物質により、爆発が生じることのないようになっていること。
そのために、製造者は、以下の対策を講じること：
－　製品の危険な集中がないようにする。　（下記①）
－　爆発の恐れのある環境で燃焼がないようにする。　（下記②）
－　発生する恐れのある爆発を最小限に押さえ、
　　周囲に危険が及ぶことのないようにする。　（下記③）
製造者として、爆発の恐れのある環境での機械の使用が予見できる場合には、上記と同じ予防措置を講じること。
機械の一部を構成している電気機器は、爆発による危険性が考えられる場合には、現在効力を有している特定の指令に適合させること。

↓

＜COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より＞

① 通常の大気中での機械の爆発

この爆発のリスクは、機械が処理または生産する物質から、あるいは機械自体の操作パラメータから生じる本質的なリスクである。

② 爆発する可能性のある大気中での機械の使用

爆発する可能性のある大気の発火は、機械自体の爆発からだけではなく、電気的または非電気的な発火源からも生じる場合がある。発火源には、火花、アーク、高温の表面，音響エネルギーの放出、光放射または電磁波がある。

③ 機械内に爆発する可能性のある大気中に位置する構成部品

爆発性ではない大気中での操作を意図する機械が、その１つ以上の部品中に爆発する可能性のある大気を含んでいる場合がある。塗装キャビン、完全に密閉された機械、塗装システムおよび換気システムなどがこれに当たる。爆発する可能性のある大気中で機能する内部構成部品は、指令 94/9/EC(80)の耐炎要求事項を満たさなければならない。機械全体は、爆発する可能性のある大気中にはないので、指令 94/9/ECの対象にはならない。

＜爆発の危険防止に関する具体例；ISO 12100-2:4.4＞

(1) 爆発性雰囲気で使用することを意図した機械に対して：
　－　すべてが完全な空圧又は液圧制御システム及び機械アクチュエータ
　－　“本質安全防爆”による電気設備（EN50020 参考）
(2) 溶剤を使用するような特定の生産に対して：発火点より十分低い温度に維持することを確実にする設備

＜火災・爆発関連規格＞

- EU 指令 94/9/EC：　防爆機器
- EN 1127-1(1997)：　火災及び爆発－爆発防止及び爆発防御　第１部：基本的事項
- IEC 60079 シリーズ：爆発性ガス用電気装置
- EN 13463：　Non-electrical equipment for potentially explosive atmospheres – Part 1:Basic methodology and requirements
- EN 13478:　Safety of machinery – Fire prevention and protection
- EN 50020:　Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres intrinsic safety

図 7-1 (2/2)　火災・爆発による危険

＜材料及び物質による危険　ISO 12100-1:4.8＞

機械で処理、使用、生産又は排出される材料及び物質、並びに機械を製作するために使用される材料により種々の異なる危険源を生じ得る。

(1) 例えば有害性、毒性、腐食性、胚子奇形発生性、発癌性、変異誘発性、刺激性を有する流体、気体、ミスト、煙、繊維及び粉塵を吸飲すること、皮膚、目、及び粘膜へ接触すること、又はそれらを吸入することに起因する危険源

(2) 火災及び爆発の危険源

(3) 生物（例えば、かび）及び微生物（ウイルス又は細菌）による危険源

＜食品加工機械に関する基本的な要求内容：EU 機械指令 2.1 より＞

食品の供給及び加工（調理、冷凍、解凍、洗浄、処理、梱包、保管、輸送又は配達）を行うようになっている機械は、感染、病気又は伝染病のおそれが生じることのないようになっており、以下の衛生ルールが守られていること。

(a) 食品に接触する物質又は接触するようになっている物質は､関連指令に規定した条件を満たすものであること｡機械は、使用に先立って、食品に接触する物質又は接触するようになっている物質を清潔にできるようになっていること。

(b) 接触部を含め、表面は、すべて滑らかであり、有機物質が溜る恐れのある突出部やへこみ部がないこと。

(c) アセンブリは､突出､エッジ及びへこみが最小になるように設計されていること｡できる限り、溶接又は連続装着によりでき上がっていることが好ましい。技術的にやむを得ない場合を除き、ねじ、ねじ頭及びリベットは使用しないこと。

(d) 食品に接触するすべての面は、可能な場合には、容易に取り外すことができる部分は取り外した後、容易に清掃及び消毒ができるようになっていること｡内面は、完全に清掃ができるだけの十分な曲率半径を有していること。

(e) 食品から出た液体並びに洗浄液、消毒液、及びすすぎ液は、何らの障害もなく（できれば“クリーン”位置で)、機械から排出することができるようになっていること。

(f) 機械は、清掃することができない部分に液体又は生き物、特に昆虫が入り込んだり、有機物が溜まることのないようになっていること（例えば、脚やキャスターを使用せずに、レールユニットを使用して、機械とベースとの間にレールを置いた機械の場合)。

(g) 機械は、補助物質（例えば潤滑剤）が食品に接触することがないようになっていること｡必要な場合には､機械は､当要求条項に適合し続けているかどうかのチェックができるようになっていること。

取扱指示書

取扱指示書には、洗浄、消毒及びすすぎ（容易に人が触れることのできる部分だけでなく、パイプ等人が触れることができないか又は人が触れない方がよいにもかかわらず現場で清掃しなければならない部分についても）のための製品並びに方法を推奨すること。

＜関連規格＞

- ISO 14159:2002
  機械類の安全性－機械設計に対する衛生要求事項
- JIS B 9650-2
  食料品加工機械の安全及び衛生に関する設計基準　通則
  第２部：衛生設計基準

図 7-2　微生物やその生産物の危険

＜人間工学原則の無視による危険　ISO 12100-4:4.9＞

人の行動特性及び能力に対する機械の不適合によって次の危険源を引き起す場合がある。
－ 不自然な姿勢、過剰又は繰り返しの負担による生理的影響（例えば、筋・骨格障害）
－ 機械の“意図する使用”の制限内で運転、監視又は保全する場合に生じる精神的過大若しくは過小負担、又はストレスによる心理・生理的な影響
－ ヒューマンエラー

＜人間工学原則遵守の概要…ISO 12100-2:4.8＞

4.8.1　オペレータの精神的又は身体的ストレス及び緊張を低減するため、機械類の設計時に人間工学原則を考慮しなければならない。基本設計の段階で、オペレータ及び機械に対して機能（自動化の程度）を割り当てるとき、これらの原則を考慮しなければならない。

備考　これは、運転の性能及び信頼性の向上につながる。したがって、機械使用の全過程における誤操作の発生の可能性を低減できる。

意図する使用者において見られるような人体寸法、力の強さと姿勢、動作範囲及び繰り返し動作の頻度を考慮しなければならない（JIS Z 8502 及び JIS Z 8503 参照）。

制御器、信号又はデータ表示要素のような“オペレーター機械”間のインタフェースに関するすべての要素は、オペレータと機械間で明確かつあいまいでない相互作用が可能であるようにして、容易に理解できるように設計しなければならない（ISO 6385、JIS B 9706-1 参照、EN 614-1 及び EN 13861 参考）。

設計者は、特に次のような機械設計のための人間工学的側面を考慮すること。

4.8.2　機械を使用中、ストレスの大きな姿勢及び動作を避けること（例えば、種々のオペレータに応じて機械の調整ができるような設備を用意すること。）。

4.8.3　機械、特に手持ち機械及び移動機械は、人間の労力、制御装置の操作及び手、腕、脚の身体構造を配慮して容易に運転可能なように設計すること。

4.8.4　可能な限り、騒音、振動及び温熱の影響（例えば、極端な温度）を回避すること。

4.8.5　オペレータの作業リズムを自動連続運転のサイクルに無理に合わせないこと。

4.8.6　機械及び／又はそのガードの設計上の特性によって明るさが十分でない場合、作業区域及び調整・設定区域、頻度の多い保全区域の照明用として機械上に又は機械の中に照明を備えること。点滅、げん（眩）光、影及びストロボ効果の影響は、それによってリスクを生じるおそれがある場合、回避しなければならない。照明源の位置又は照明源自体を調整しなければならない場合、その位置が調整者にとってリスクとなってはならない。

4.8.7　手動制御器（アクチュエータ）の選定、配置及び識別は、次による。

－ 手動制御器は明りょう（瞭）に視認可能で、かつ識別可能であり、必要に応じて適切に表示されている（ISO 12100-2,5.4 参照）。
－ 手動制御器は、ちゅうちょすることなく、素早く、かつあいまいさがなく安全に操作できる。（例えば、標準化した手動制御器の配置により、オペレータがある機械から、同じ運転パターンを有した類似の機械に移動したとき、誤操作する可能性を低減できる）
－ 手動制御器の位置（押しボタンに対して）及び動き（レバー及び丸ハンドルに対して）は、その操作の結果と符合する（IEC 61310-3 参照）。
－ 手動制御器の操作により追加的なリスクを生じない。（EN894-3 参考）

一つの手動制御器が、複数の異なる動作を実行するように設計・製作されている場合、すなわち一対一の対応がない場合（例えば、キーボード）、実行される動作は明りょう（瞭）に表示され、かつ必要に応じてそれを確認できなければならない。

手動制御器は、人間工学原則を配慮して、その配置、操作時の移動量及び抵抗力が実行される動作に適合するように配列しなければならない。保護具（履物、手袋のような）の使用が必要な場合又はその使用が予見可能な場合には、それによる制約を考慮しなければならない。

図 8-0（1/4）　人間工学原則の無視による危険

4.8.8　指示器、ダイヤル及び視覚表示ユニットの選択、設計並びに配置は、次による。

－ それらは人間の知覚のパラメータ及び特性に適合する。

－ 表示される情報は容易に気づくことができ、かつ内容を識別して理解できる。すなわち、オペレータの要求及び意図する使用に応じて長く持続し、明りょう（瞭）で、あいまいでなく、かつ理解しやすい。

－ オペレータは、操作位置でそれらを認知できる。

＜関連規格＞

(1) 人間工学原則の概要

- EN 614-1:1995
  機械類の安全性－人間工学的設計に関する原則－第１部：用語及び一般原則
- EN 614-2
  機械類の安全性－人間工学的設計に関する原則－第２部：機械とタスク間の相互関係
- ISO 6385
  作業システム設計に於ける人間工学的原理

(2) 人間の肉体的能力(人手による搬送、力の限界値、作業姿勢等)

- EN 1005-1:1996
  機械類の安全性－人間の肉体的能力－第１部：用語及び定義
- ISO 11228-1:2003
  機械類の安全性－人間工学－手動取扱い－第１部：巻き上げ及び運搬
- EN 1005-3:1996
  機械類の安全性－人間の肉体的能力－第３部：機械作業における力の推奨限界値
- ISO 11226:2000
  機械類の安全性－人間工学－静的作業姿勢の評価

(3) 精神的作業負荷に関する概要

- ISO 10075:1991
  精神的作業負荷に関する人間工学原則－一般用語及び定義
- ISO 10075-2:1996
  精神的作業負荷に関する人間工学原則－第 2 部：設計原則

(4) 機械へのアクセスに関する規格（外部及び内部へのアクセス）

- ISO 14122-1:2000
  機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第１部：２レベル間の接近のための固定的手段の選択
- ISO 14122-2:2000, prEN12437-2:1996
  機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第２部：作業用プラットフォーム及び通路
- ISO 14122-3:2000, prEN12437-3:1996
  機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第３部：階段、段はしご及びガードレール
- ISO 14122-4:2000, prEN12437-4:1996
  機械類の安全性－機械への恒久的アクセス－第４部：固定式はしご
- ISO 15534-1
  機械の安全のための人間工学的設計－第１部：身体全体で近づいて作業する場合の開口部寸法決定の原則
- ISO 15534-2
  機械の安全のための人間工学的設計－第２部：作業開口部に必要な寸法を決定するための原則
- ISO 15534-3
  機械の安全のための人間工学的設計－第３部：人体寸法測定データ
- ISO 7250
  技術的設計のための身体寸法測定項目

図 8-0（2/4）　人間工学原則の無視による危険

- IEC 60364-4-481**（電気制御盤周辺の作業空間）：図** 1-1,2 **参照**
- IEC 60204-1:5.3.4, 10.1.2, 12.2.1…制御盤の部品取付位置に関する規定

(5) アクチュエータの選定、配置及び識別に関する規格

- ISO 9355-1:1999
  機械類の安全性―表示器及び制御アクチュエータの設計に関する人間工学的要求事項
  ―第１部：人間と表示器及び制御アクチュエータとの相互作用に関する一般原則
- ISO 9355-2:1999
  機械類の安全性―表示器及び制御アクチュエータの設計に関する人間工学的要求事項
  ―第２部：表示器
- EN 894-3:2000
  機械類の安全性―表示器及び制御アクチュエータの設計に関する人間工学的要求事項
  ―第３部：制御アクチュエータ
- ISO 1503, IEC447
  方向性及び運動方向通則
- IEC 61310-3:1999
  機械類の安全性―表示、マーキング及び作動―第３部：アクチュエータの配置及び操作に対する要求事項
- ISO 12100-2:4.11.8…手動制御器の原則
- IEC 60204-1:10 項…オペレータインタフェースと機械に取り付けられた制御機器
  （押ボタンの色、非常停止機器等）
- 米国規格 MIL-STD-1472D:1989…アクチュエータの取付最小間隔寸法等の規定）

(6) 視覚及び聴覚、マーキング等に関する規格

- IEC 60073:2002
  マン・マシンインタフェース、マーキング及び識別の基本安全原則―表示装置及びアクチュエータのコーディング原則
- ISO 7731:1986, EN457:1992
  作業場所の危険信号―可聴危険信号
- ISO 11428:1996
  機械類の安全性―視覚危険信号―一般的要求事項、設計及び試験
- ISO 11429:1996
  機械類の安全性―聴覚及び視覚による危険及び安全信号のシステム
- IEC 61310-1:1995
  機械類の安全性―表示、マーキング及び作動―第１部：視覚、聴覚及び触覚シグナルの要求事項
- IEC 61310-2:1995
  機械類の安全性―表示、マーキング及び作動―第２部：マーキングの要求事項
- ISO 7000:1989
  装置に用いる図記号―索引及び摘要

(7) 機械の局部照明（含全体）に関する規格

- EN 1837
  機械類の安全性―機械の総合照明
- EN 614-1:4.4.3…機械の照明に関する一般的指針
- IEC 60204-1:16.2…機械及び装置の局部照明

（
- 労働安全衛生規則：第 604 条
- ANSI/IESRP-7（米国）
）

図 8-0（3/4）　人間工学原則の無視による危険

＜参考＞

(1) 保護具（PPE）の着用

＜EU 機械指令 1.1.2 の内容＞

(e) 機械の設計・製作を行う場合、製造者が、人体保護具（履き物、手袋等）の使用が必要であったり、使用が予見できる際には、人体保護具の使用によりオペレータが受ける圧迫感を考慮に入れること。

↔

＜COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より＞

人身保護具(PPE)の使用に関する規定
機械の製造者は、装置の通常の使用において合理的に予見できる人身保護具の着用を考慮しなければならない。必要がある場合は、機械の部品、特に制御装置は、「PPE」を着用したオペレータによって起動される寸法にし、設計しなければならない。PPE の着用が予見できるだけでなく、避けられないものである機械もある。非常に寒いまたは熱い条件下で機能することを意図した機械は、防護服の着用を要求する。このような場合は、制御装置は手袋を付けて操作されなければならない。より一般に言えば、多くの機械の制御ペダルは、安全靴の使用に対して十分な大きさでなければならない。
機械が本来的に有する何らかの他のリスクを防止するために着用する人身保護具は、製造者が取扱説明書に指示しなければならない重要な情報の一部である。

↓

＜対応＞

- 「使用上の情報」として保護具着用の提示。（警告ラベル、取扱説明書、契約書等）
  必要な場合には、保護具の仕様を明記すること。
  （例：単に手袋と記載するのみでなく、材質、厚さ等の仕様を明記する）
- 上記 COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC に述べられている保護具着用後の人体寸法は、
  本図 8-0(2/4)：(4)機械内部へのアクセス及び 8-0(3/4)：(5)アクチュエータの取り付け間隔（MIL-STD-1472D）等に注意を要する。

(2) ヒューマンエラー、人間挙動による危険を防ぐ例として、EU 機械指令(1.2.2)よりコントロール装置について参考用として以下転載する。

コントロール装置は、以下によること：
－ 必要に応じて、見やすいところに、容易に確認できる適切な方法で表示すること。
－ 躊躇なく又は時間をロスすることなく、かつ、まぎれのない方法で、安全操作を行うことのできるところに取り付けてあること。
－ コントロールを移動させることにより、その効果との間に一貫性が保たれるようになっていること。
－ 危険ゾーン以外のところに取り付けてあること。ただし、緊急停止、ロボット訓練用コンソール等必要に応じてある種のコントロール装置を除く。
－ 制御装置を操作することにより、新たな危険が発生することのない位置に取付けてあること。
－ ある種の危険性が伴う場合には、意図した操作を行わない限り、所期の効果を出すことができないようになっていること。
－ 予見できる応力に耐えうるようになっていること。特に、かなり大きな応力が加わる恐れのある緊急停止装置には、特別の注意を払うこと。

ある種のコントロールが数種類の異なった機能作用を行うようになっている場合、即ち、１対１の対応（キーボード等）になっていない場合には、必要に応じて、実施機能が明確に表示され、それが確認できるようになっていること。
コントロールは、人間工学原理を考慮した上で、そのレイアウト、工程及び耐操作性が、実施する機能操作と両立するようにアレンジされていること。人体保護具（履き物、手袋等）を着用する必要があったり、着用することが予見できる場合には、人体保護具の着用に伴う圧迫性も考慮すること。
機械には、安全操作を行う上で必要なインジケータ（ダイヤル、信号等）が取り付けてあること。オペレータは、コントロールする場所から、各インジケータを読み取ることができるようになっていること。
メインコントロールポジションからは、危険ゾーンに人がいないことをオペレータが確認できるようになっていること。
上記が不可能な場合には、コントロールシステムは、機械を始動しようとした際に、必ず音及び/又は光による警告信号を発するようになっていること。機械のそばにいる人がこれに対応できるだけの時間と手段をとった後に、初めて、機械を始動することができるようになっていること。

図 8-0（4/4）　人間工学原則の無視による危険

（注）この項目は、JISB9702:附属書 A（参考）によると「留め具のエラー」と記載されているが、原文の ISO 4121 では「Errors of fitting」のためこの資料では**「取付けの誤り」**とした。

＜要求内容の概要：EU 機械指令 1.5.4＞

ある部品の取付け又は再取付けエラーが危険源となる恐れがある場合には、そのようなエラーを発生させることができない構造とするか、それがうまく行かない場合には、部品自体及び／又はケーシングに、エラー防止に関する表示を行うこと。危険を防止するために動作方向を知らせる必要がある場合には、当該可動部及び／又はそのケーシングに同様の表示を行うこと。その他の必要な情報は、取扱指示書に明示すること。

誤接続が危険源となるおそれがある場合には、電気を流す導体を含め、流動体の誤接続を行うことができないような構造とするか、それがうまくいかない場合には、パイプ、ケーブル等及び／又はコネクターブロックに誤接続防止に関する表示を行うこと。

＜具体的は保護方策の例：COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より＞

- 部品は、危険を生じうる取付け上の誤りを防ぐように設計されなければならない。
  （例：対称的な部品を避ける）
- 異なる圧力レベルを持つ油圧および空気圧設備においては、接続上の誤りを防止しなければならない。
  （例：各圧力レベルごとに異なる直径を使用する）
- 同様に、機械に異なる気体（酸素、アルゴン、窒素、アセチレンなど）を使用する場合は、設計によって接続上の誤りを不可能にしなければならない。色分けは適切な追加手段ではあるが、この要求事項を満たすにはそれだけでは不十分である。

図 9-0　取り付けの誤りによる危険

＜要求内容の概要：EU 機械指令 1.3.2＞

運転中の破損による危険

① 機械の各部及びそのリンク機構は、製造者が予見できる状態のもとでそれらを使用したときに加わる応力に耐えるものであること。

② 使用材料は、製造者が予見できる作業環境、特に、疲労、老化、腐蝕及び磨耗に充分な耐久性を有したものであること。

③ 製造者は、安全性を確保する上で必要な検査及び保守の内容及び頻度を取扱指示書に明示すること。また、製造者は、該当する場合には、磨耗する部分及び交換基準も明示すること。

④ 対策を講じたにもかかわらず、破損又は崩壊の恐れが残っている場合（例えば砥石車を用いた場合）には、破壊が生じた際に、その破片が封じ込まれるような方法で、可動部品を取り付けるとともに、そのような位置に配置されること。

⑤ 液体を運搬する硬質パイプ及びフレキシブルパイプ、特に高圧のもとにあるものは、予見できる内部応力並びに外部応力に耐えるものであり、あらゆる外部応力及び荷重に耐えるようにしっかり取り付けられており及び/又は保護されていること。破損が生じた場合の危険（突然の動作、高圧ジェット等）が発生することのないように予防措置を講じること。

⑥ 処理を行う材料が機械に自動的に供給される場合には、機械のそばにいる人に例えば機械の破損による危険が及ぶことのないようにするために、以下の条件に適合するようにすること。
- 工作物が機械に供給され接触された時点で、機械は、通常の動作条件に達していること。
- 機械が材料供給作業を開始及び／又は停止（意図的であっても、また、偶然であっても）する場合には、機械の動きもこれに合っていること。

＜保護方策＞

第一原則：エンジニアリングの基本的作業（エンジニアリングとは設計、製造を含む総合的作業をいう。）

- 上記①、②の例：ISO 12100-2:4.3（機械設計に関する一般的技術知識の考慮）

a) 機械的応力

例えば、次による。
- 適正な計算、構造及び締め付け方法による応力制限。例えば、ボルト締め組立、溶接組立。
- 過負荷防止（例えば、“可溶”プラグ、圧力制限バルブ、保護用破壊部、トルク制限装置）による応力制限。
- 応力変動（特に、繰り返し応力）下にある要素の疲労の回避。
- 回転要素の静的及び動的バランス。

b) 材料及びその特性

例えば、次による。
- 腐食、経年変化、摩滅及び摩耗に対する抵抗性
- かたさ、延性、ぜい（脆）性
- 均質性
- 毒性
- 引火性

特定の構成品又は組立品（例えば、荷や人を持ち上げるためのロープ、チェーン、荷揚用附属品）の信頼性が安全性に対して極めて重要な場合、応力限界は適切な作用係数を掛け合わせたものでなければならない。

- 油圧、空圧システム（上記⑤関連）・・・・・・・・・・・・・・・図 1-4 参照
- 上記⑥に該当する保護方策

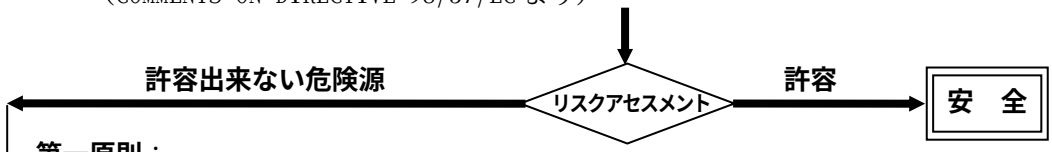
第二原則

- 上記④ ・・・・・・・・・・・・・・・

＜要求内容の概要：EU 機械指令 1.3.3＞

落下物又は飛出物による危険
落下物又は飛出物（素材、工具、切削物、破片、排出部等）による危険を防ぐための予防措置を講じること。

（注）　この要求内容は、小片、工具または工具の破片、白熱した溶接物質、鋭い流体および研摩粒子などの落下物または排出物により生じるリスクを回避するために考案された。
（COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より）



―**第一原則**：
(1) 機械の運転中の破損防止設計…… 図 16-0 参照
(2) 油圧、空圧システム …… 図 1-9 参照
(3) 以下の処置実施（COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より）
- 通常作業する場所は、危険な部品系が飛び出さぬ位置とする。
- 落下物の危険に対し、
  ①　重量物又は大きくて扱い難い品目の機械化
  ②　頭上に位置する部品は、進路（通路）を変更する。

―**第二原則**（COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より）
(1) 保護シールド（Protective shields）
破損に対して保護シールドを設置することは、特に機械が遠心力、圧力または合理的に予見できる特別の応力（衝撃、つち打ちなど）が原因で破壊する危険がある場合に、必要である。研削機およびその他の回転機械は、特に影響を受ける。固定ベンチ付の万能フライス盤には、オペレータが飛び出す小片または鋭い流体にさらされるのを防ぐために、通常保護シールドが取り付けられている。この保護シールドは、オペレータが移動および調整できる。
＜追加：ISO 12100-2:5.3.2.1 ガードの機能より＞
ガードは、次の機能を達成しなければならない場合がある。
― ガードで囲まれた空間への接近の防止、及び／又は
― 機械から落下又は放出されるおそれのある材料、ワークピース、切粉、流体の封じ込め又は捕そく（捉）及び機械によって生成されるおそれのあるエミッション（騒音、放射、及び粉じん・ばい煙・ガスのような危険物質）の低減。
(2) 部品等が飛び出すことを防止するフェンスの設置
(3) 通常作業する場所で、危険な部品系が飛び出すことが予見出来る場合には、接近のためのバリア等を設置する。

―**第三原則**（COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より）
(1) 取扱説明書は残存している危険に対し、使用者に対応するよう情報提供する。
(2) 人身保護具の着用について警告する（図 8－0（4/4）参照）。
(3) リスクアセスメントに従い警告ラベルを貼る。（COMMENTS に追加した内容）

図 11-0　落下又は飛び出し物体又は流体による危険

＜要求内容の概要：EU 機械指令 1.3.1＞

機械、部品及びその取付け具は、予想される動作状態（必要に応じて気象条件も加味した）のもとで、転倒、落下又は突然動き出すといった危険を伴うことなく使用できるように充分な安定性を有したものになっていること。
機械自体の形状又は所期の設置が安定性の面で不充分な場合には、適切な固定方法を取り入れるとともに、取扱指示書の中にそれが明記されていること。

↑

＜上記要求の補足説明：COMMENTS ON DIRECTIVE 98/37/EC より＞

- この要求事項の目的は、機械が安定した位置を永久的に保たなければならないということである。この安定は、製造者が予見できるあらゆる様々な操作条件によって妥協してはならない。
- 通常の動作条件には、遠心力、可動部品の慣性による力、部品の緩み、破壊または脱落を引き起こす振動といった、機械の通常運転によって生じる動的な物理的現象が含まれる。
- 製造者は、ある部品の取外しが機械の倒壊を引き起こさないことを確実にしなければならない。必要な場合には、支柱を取付けなければならない。
- この要求事項は、気候条件についても言及している。極端に寒いまたは熱い条件で使用するために設計された機械の製造者は、機械が動く時にオペレータが手を出すことを止めるために、完全な防止策または人身保護具の着用を定めなければならない。
- 製造者はまた、機械がさらされる風及び/または雪の影響も考慮しなければならない。
- 機械の安定性が本質的にまたは通常の使用では得られない場合は、製造者は追加の固定手段を定めることができる。これらの固定手段が製造者の範囲を超えている場合（例えば天井が必要な場合または土木工事が必要な場合）は、製造者は使用者に据付ガイドラインを提供しなければならない。

＜保護方策として検討を要する本質的安全設計項目：ISO 12100-2:4.6＞

機械は、指定された使用条件のもとで安全に使用できるように、十分な安定性を有するように設計しなければならない。
考慮する要因には、次の事項を含む。
― 基礎の形状寸法
― 負荷を含めた重量分布
― 転倒モーメントを生じるような機械の部品、機械自体又は機械に取付けられた要素の運動による動的な力
― 振動
― 重心の変動
― 種々の場所（例えば、土地条件、傾斜）での走行路面や設置面の特性
― 外力（例えば、風圧、人力）
安定性は、取扱い、輸送、設置、使用、使用停止及び分解を含む機械の寿命のすべての局面について考慮しなければならない。
安全防護に関連する安定性についての他の保護方策を 5.2.6 に示す。

＜追加保護方策：ISO 12100-2:5.2.6＞

もし、重量分布のような本質的安全設計方策によって安定性を達成できない場合、次に示すような方策を使用した保護方策によって安定性を維持する必要がある。
― アンカーボルト
― 固定装置
― 運動制限装置又は機械的なストッパー
― 加速度又は減速度制限装置
― 負荷制限装置
― 安定性又は転倒限界に近付いたことを警告する警報

残存する危険について取扱説明書にて情報提供（追加）

図 12-0　機械の安定性の欠如／転倒による危険

＜要求内容の概要：EU 機械指令 1.5.15＞

スリップ，つまずき転倒又は転落の危険性
人が動きまわったり，その上に立ったりする恐れのある機械部分は，その部分での若しくはその部分からのスリップ，つまずき転倒又は転落が防止できるようになっていること。

↓

＜保護方策の概要：ISO 12100-2:5.5.6 より＞

機械類は、運転及び設定（段取り等）並びに／又は保全のすべての日常作業を可能な限り地上レベルで人が行えるように設計しなければならない。

これが不可能な場合、これらの作業のために、安全に接近可能な、組み込まれたプラットフォーム、階段又は他の設備を機械に設けなければならない。ただし、そのプラットフォーム又は階段は、機械の危険区域に接近できないことを確実にするよう配慮するべきである。

歩行区域は、作業時すべらないような材料で製作しなければならない。さらに、地上からの高さに応じて、適切なガードレール（ISO 14122-3 参照）を備えなければならない。

大型の自動化設備の場合は、歩行通路、コンベアブリッジ又は立体交差のような安全な接近手段に特に配慮しなければならない。

機械類の高所にある部位への接近手段は、墜落に対し種々の保護手段を備えなければならない（例えば、階段、はしご、プラットフォームのガードレール及び／又ははしごの安全囲い）。必要な場合、高所からの墜落に対する保護具のための係留具も備えなければならない（例えば、人を持ち上げる搬送装置内に、又は昇降制御ステーションに）。

開口部は、必要なときにはいつでも安全な位置に向けて開くことが可能でなければならない。意図しないで開くことによる危険源を防止するように設計しなければならない。

接近のために必要な補助具（例えば、踏み段、取っ手）を備えなければならない。なお、制御装置が接近のための補助具として使用されることを防止するように設計し、配置しなければならない。

物及び／又は人を持ち上げる機械類が数箇所の決められた高さにフロアをもっている場合、プラットフォームの高さがフロアの位置でないときに墜落することを防止するため、インターロック付きガードを装備しなければならない。ガードが開いている間は、プラットフォームの運動を防止しなければならない。

＜関連する主な規格＞

- ISO 14122-1:2000,
  機械類の安全性―機械への恒久的アクセス―第 1 部：2 レベル間の接近のための固定的手段の選択
- ISO 14122-2:2000
  機械類の安全性―機械への恒久的アクセス―第 2 部：作用プラットフォーム及び通路
- ISO 14122-3:2000
  機械類の安全性―機械への恒久的アクセス―第 3 部：階段、段はしご及びガードレール
- ISO 14122-4:2000
  機械類の安全性―機械への恒久的アクセス―第 4 部：固定式はしご
  - 米国規格…ISO 規格と多少要求内容に違いがあるので注意のこと
    (1) OSHA§1910.23，24 及び 27
    (2) ANSI A1264.1 及び A14.3

図13-0　人の滑り(スリップ)、つまずき及び落下(機械に関係するもの)による危険

引用・参考図書

書　籍　名	著者／監修／編集者	出版社
安全基礎工学ノート	蓬原　弘一	長岡技術科学大学
安全関連基礎用語集	蓬原　弘一	安全技術応用研究会
国際規格対応　安全な機械の設計	A・ノイドルファ 訳：田中　紘一	安全工学研究所
燃焼安全工学	諸星　征夫	長岡技術科学大学
ISO 12100 機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則　その他間連規格		ISO
ISO 14121 機器類の安全性－リスクアセスメントの原則		ISO
その他　タイプ B 機械安全国際規格(ISO/IEC)		ISO／IEC
JIS B 9650 食料品加工機械の安全・及び衛生に関する設計基準		日本規格協会
PD5304:2000 機械の安全使用		BSI
プラントのプロセス安全	松本　俊次	日本プラントメンテナンス協会
リスクマネジメントで会社を守れ	松本　俊次	工業調査会
機械安全の国際規格と CE マーキング	丸山　弘志	日本規格協会
機械の包括的な安全基準に関する指針	厚生労働省	
労働法全書	厚生労働省	労務行政研究所
食品衛生小六法	食品衛生研究会	新日本法規
食品機械のリスクアセスメント実施マニュアル	(社)日本食品機械工業会	(社)日本食品機械工業会
食品機械の取扱説明書作成ガイドライン	(社)日本食品機械工業会	(社)日本食品機械工業会

監修・編著者

■田中　紘一　　（監修、　第 2 章執筆担当）
長岡技術科学大学　名誉教授

■今井　寛登　　（第 5 章執筆担当）
ドキュメントサービス・カナエ　代表

■社団法人日本食品機械工業会　事務局
（編集、　第 1 章、3 章、4 章、5 章執筆担当）

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

非売品

禁無断転載

平成 17 年度
食品機械の安全設計対応に関する調査研究報告書
－国際安全規格利用手引き　機械安全編－

発　行　　平成 18 年 3 月

発行者

社団法人　日本機械工業連合会
〒105-0011
東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号
電話　０３－３４３４－５３８４

社団法人　日本食品機械工業会
〒108-0023
東京都港区芝浦三丁目 19 番 20 号
電話　０３－５４８４－０９８１